

Helena Selić

Hidromorfološka analiza potoka Gradna

Diplomski rad

Zagreb,

2019.

Helena Selić

Hidromorfološka analiza potoka Gradna

Diplomski rad

predan na ocjenu Geografskom odsjeku
Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu
radi stjecanja akademskog zvanja
magistre geografije

Zagreb,

2019.

Ovaj je diplomski rad izrađen u sklopu diplomskog sveučilišnog studija *Geografija*; smjer: *istraživački (Fizička geografija s geoekologijom)* na Geografskom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, pod vodstvom doc. dr. sc. Ivana Čanjevca

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Geografski odsjek

Diplomski rad

Hidromorfološka analiza potoka Gradna

Helena Selić

Izvadak: Potok Gradna ima dva izvorišna dijela, a to su Lipovečka Gradna i Rudarska Gradna, koje izvire u Samoborskom gorju te se uzvodno od grada Samobora spajaju u jedan tok. Kako su to bujični vodotoci, tijekom godina došlo je do brojnih hidrotehničkih zahvata u svrhu smanjenja njihove bujičnosti da bi se spriječilo plavljenje naselja i prometnica u neposrednoj blizini. U radu se istražuju posljedice tih zahvata na hidromorfologiju vodotoka, odnosno na strukturu korita, obala i obalnih pojaseva te poplavnih područja. Prema smjernicama Okvirne direktive o vodama određene su hidromorfološke značajke potoka Gradna te je uz pomoć Vodiča za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj, određenim dionicama dodijeljena pripadajuća ocjena hidromorfološkog stanja. Analiza je pokazala umjereno izmijenjeno hidromorfološko stanje za cijeli vodotok koji iz tog razloga ne zadovoljava ciljeve ODV-a. Na takvu ocjenu utječu brojne regulacije korita zbog njegovog bujičnog karaktera.

44 stranica, 25 grafičkih priloga, 8 tablica, 19 bibliografskih referenci; izvornik na hrvatskom jeziku

Ključne riječi: potok Gradna, hidromorfološko stanje, ODV, Samobor

Voditelj: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac

Povjerenstvo: doc. dr. sc. Ivan Čanjevac
izv. prof. dr. sc. Nenad Buzjak
izv. prof. dr. sc. Danijel Orešić

Tema prihvaćena: 8. 2. 2018.

Rad prihvaćen: 7. 2. 2019.

Rad je pohranjen u Središnjoj geografskoj knjižnici Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu, Marulićev trg 19, Zagreb, Hrvatska.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Geography

Master Thesis

Hidromorphological analysis of Gradna stream

Helena Selić

Abstract: The Gradna stream is located on the slopes of the Samobor mountains and consists of two main tributary streams, the Lipovečka Gradna and the Rudarska Gradna, which merge upstream of the city of Samobor. The main characteristics of streams in the Gradna basin are flash floods, so it was necessary to build a range of hydrotechnical buildings to prevent road and settlement flooding in the Samobor area. The main goal of this thesis is to research the effects hydrotechnical buildings have on the hydromorphology of the stream, river channel, banks/riparian zone and floodplain. It will determinate the hydromorphological characteristics of the Gradna stream by analyzing available references, conducting a field research, and by following the guidance of Water Framework Directive all with the help of the document Guideline for Hydromorphological Monitoring and Assessment of Rivers in Croatia. The result of this research is a moderately modified hydromorphological status of the whole stream. This result is affected by numerous stream regulations because of the flash floods that are common in this area.

44 pages, 25 figures, 8 tables, 19 references; original in Croatian

Keywords: Gradna stream, hydromorphological status, WFD, Samobor

Supervisor: Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor

Reviewers: Ivan Čanjevac, PhD, Assistant Professor
Nenad Buzjak, PhD, Associate Professor
Danijel Orešić, PhD, Associate Professor

Thesis title accepted: 08/02/2018

Thesis accepted: 07/02/2019

Thesis deposited in Central Geographic Library, Faculty of Science, University of Zagreb, Croatia

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1. Predmet istraživanja i cilj rada	1
1.2. Prostorni i vremenski obuhvat.....	2
1.3. Dosadašnja istraživanja	3
2. Metodologija rada	5
2.1. Okvirna direktiva o vodama i Metodologija hidromorfološkog monitoringa.....	6
2.2. Metodologija ocjene hidromorfološkog stanja.....	8
3. Fizičkogeografska obilježja istraživanog područja	11
3.1. Geološka građa	11
3.2. Morfometrijska obilježja reljefa.....	13
3.2.1. Hipsometrijska obilježja	13
3.2.2. Nagib padina	14
3.2.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa.....	15
3.3. Geomorfološka regionalizacija.....	17
3.4. Hidrometrijska obilježja	19
3.4.1. Elementi tekućice.....	19
3.4.2. Elementi porječja	20
3.5. Klimatološka obilježja i meteorološki podaci	22
3.6. Hidrološka obilježja i podaci.....	24
4. Antropogeni utjecaji u porječju	27
4.1. Utjecaj antropogenih aktivnosti na reljef porječja Gradne.....	27
4.2. Građevinski zahvati u porječju Gradne	28
5. Ocjena hidromorfološkog stanja Gradne	31
6. Rasprava	39
7. Zaključak	41
Literatura	42
Izvori.....	44

1. Uvod

Voda je najvažniji resurs na Zemlji, omogućila je razvoj života i civilizacije. Zbog gospodarskog rasta, urbanizacije i porasta stanovništva dolazi do pritiska na vodne sustave, posebice one slatkovodne, diljem svijeta i Europe. Aktivnosti poput poljoprivrede, komercijalnog ribarstva, proizvodnje energije, prometa i turizma ostavljaju svoj trag vidljiv u izmjeni vodnih ekosustava te smanjenju kvalitete vode (ODV, 2000). Također, hidrološki ciklus posebno je osjetljiv na klimatske promjene te stručnjaci sve više upozoravaju na moguće promjene u količini i raspodjeli padalina kroz godinu, pri čemu je vjerojatno da će doći do promjena u količini i dostupnosti vode u određenim područjima te promjena u protočnom režimu tekućica. Osim toga, postoji mogućnost povećanja rizika od pojave ekstremnih događaja poput poplava i suša u idućim desetljećima. Uz količinu, ugrožena je i kakvoća vode zbog onečišćenja, prekomjernog zahvaćanja vode te hidromorfoloških promjena uzrokovanih urbanizacijom, industrijom, potrebom za obranom od poplava, proizvodnjom energije, plovidbom te ispuštanjem otpadnih voda (ODV, 2000). Zbog svih tih razloga došlo je do potrebe za donošenjem dokumenta koji će odrediti pristup i metodologiju upravljanja vodama na razini cijele Europske unije – Okvirne direktive o vodama. Prema ODV-u stanje površinskih voda definira se na temelju njihovog ekološkog stanja, a ekološko stanje se određuje prema hidromorfološkim, biološkim i fizikalno-kemijskim pokazateljima kakvoće. Jedan od glavnih preduvjeta za dobro ekološko stanje površinskih voda je hidromorfološko stanje, odnosno hidrološki režim, kontinuitet toka i morfologija korita tekućica. ODV traži od zemalja Europske unije postizanje „dobrog ekološkog stanja“ površinskih voda, pri čemu je za određivanje „vrlo dobrog ekološkog stanja“ potrebno vrlo dobro stanje hidromorfoloških elemenata.

1.1. Predmet istraživanja i cilj rada

Predmet istraživanja ovog rada je porječje potoka Gradne. Na samom vodotoku i njegovom porječju odredit će se najznačajnija hidromorfološka obilježja te će se odrediti morfometrijska obilježja porječja. Drugi predmet istraživanja je hidromorfološko stanje tih vodotoka, to jest hidromorfološki monitoring, što uključuje pridruživanje ocjene hidrološkom režimu, kontinuitetu vodotoka i morfološkim uvjetima u vodotoku.

Cilj rada je istražiti posljedice tehničkih zahvata na hidromorfologiju vodotoka Gradne, odnosno na strukturu korita, obala i obalnih pojaseva te poplavnih područja koja su od velike važnosti za riječne ekosustave. Također, analizom će se odrediti hidromorfološke značajke Gradne prema smjernicama Okvirne direktive o vodama Europske Unije pomoću dokumenta *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja* (Metodologija, 2015), pri čemu će određenim dionicama vodotoka biti dodijeljena pripadajuća ocjena hidromorfološkog stanja.

U prvom dijelu rada bit će prikazana fizičkogeografska obilježja istraživanog područja, to jest porječja Gradne te njegova hidromorfološka obilježja, dok će se drugi dio rada baviti analizom hidromorfoloških značajki Gradne odnosno određivanjem ocjene hidromorfološkog kao dijela ekološkog stanja temeljem terenskog i kabinetskog istraživanja. Iz dosadašnjih saznanja pretpostavka je da su građevinski zahvati doveli do degradacije hidromorfoloških značajki Gradne te bi njeno stanje moglo odstupati od referentnih uvjeta za taj tip tekućica.

1.2. Prostorni i vremenski obuhvat

Istraživano područje obuhvaća porječje Gradne koje se nalazi na prostoru zapadnog dijela Zagrebačke županije, a obuhvaća sjeveroistočni dio Samoborskog gorja, Samoborsku zavalu i dio doline rijeke Save (sl. 1.). Na prostoru porječja se izmjenjuje brežuljkasto – brdski sa nizinskim reljefom. Porječje je određeno na temelju digitalnog modela reljefa i topografske karte mjerila 1:25 000. Za obradu meteoroloških podataka analizirani su podaci od 1991. do 2013. godine, a hidroloških podataka od 1981. do 2016. godine. Dodjela ocjene hidromorfološkog stanja temelji se na 2 terenska izlaza na samo porječje u svibnju i studenom 2018. godine.



Sl. 1. Geografski smještaj porječja Gradne

1.3. Dosadašnja istraživanja

Porječje Gradne nikada nije bilo istraživano samostalno, već u sklopu radova o geografskim obilježjima Samoborskog gorja i okolice Samobora. O samoborskom području je 2011. godine izdana monografija s nazivom *Samobor – zemljopisno-povijesna monografija* (Feletar, 2011) te je u njoj napravljen opsežan pregled povijesnih, prometnih, prirodno-geografskih i društveno-geografskih tema vezanih uz prostor Samobora. Još jedan rad čiji je prostor istraživanja šire samoborsko područje je *Temeljne strukturnogeomorfološke značajke sjeveroistočnog dijela masiva Žumberačke gore (Samoborsko gorje)* Bognara i Dujmovića (1995) koji istražuje morfostrukturne značajke Samoborskog gorja. Jedini rad koji malo detaljnije analizira porječje Gradne jest knjiga Ivana Dujmovića (2007) naziva *Fizičkogeografske značajke Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja*. U knjizi je vezano za temu ovog istraživanja napravljen pregled svih tekućica toga područja te se između ostalog spominju određena klimatološka i hidrološka obilježja porječja Gradne. Osim toga, Rudarska Gradna tema je Dujmovićeva stručnog rada (1987) pod nazivom *Dolina Rudarske Gradne i njena društveno - gospodarska*

valorizacija. Također, Dujmović je i svoj diplomski rad (1986) posvetio toj dolini s nazivom *Geomorfološke osobine doline potoka Rudarske Gradne*. Osim Dujmovića, diplomski rad vezan za Gradnu pisao je i Osrečki (1987) na temu *Geomorfološke osobine doline Lipovečke Gradne*. Što se tiče elemenata hidromorfološkog monitoringa sukladno Okvirnoj direktivi o vodama EU u Hrvatskoj je do sada napisan jedan rad o morfološkom stanju tekućica u porječju Ilove (Plantak i dr., 2016) koji razmatra utjecaj hidrotehničkih zahvata na morfološke značajke tekućica u porječju Ilove.

2. Metodologija rada

U istraživanju i izradi rada korištene su metode kabinetskog i terenskog istraživanja. Nakon prikupljenih podataka i dostupne literature uslijedila je njihova analiza i interpretacija. Napravljen je niz prostornih analiza korištenjem GIS alata u *softveru ArcGIS 10.5* te su odrađena dva terenska obilaska.

Dio podataka korištenih u analizi preuzet je od Državnog hidrometeorološkog zavoda (DHMZ), a to su podaci o protoku za mjerne stanice Hamor, Rudarska Draga Staklana i Samobor. Također, preuzeti su i dostupni meteorološki podaci. Za postaje Lipovec i Rude to su podaci o oborinama, a za postaju Samobor podaci o oborinama i temperaturi.

Digitalni model reljefa, pomoću kojeg je napravljena morfometrijska analiza, preuzet je sa internetskih stranica *United States Geological Survey* (USGS) te je rezolucije 25x25 m. Korištenjem ArcGIS modula *Spatial Analyst Tools*, *3D Analyst Tools* i *Data Management Tools* analiziran je digitalni model reljefa te su prikazane neke od važnijih morfoloških značajki istraživanog prostora poput hipsometrijskih obilježja, nagiba padina i vertikalne raščlanjenosti reljefa. Također, određen je i obuhvat porječja Gradne te je dodatno prema potrebi ispravljen korištenjem topografske karte 1:25 000 i digitalnih snimaka terena dostupnih na Geoportalu DGU.

Nakon određivanja glavnih morfoloških značajki porječja i samog vodotoka, kabinetskim istraživanjem određene su dionice i lokacije pogodne za hidromorfološki monitoring, unaprijed su označene pretpostavljene vrijednosti stanja vodotoka te su one kasnije dodatno potvrđene ili ispravljene odlaskom na teren. Bodovanje hidromorfološkog stanja izvršeno je u skladu sa smjericama Okvirne direktive o vodama Europske unije te uz korištenje dokumenata *Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja* (Hrvatske vode, 2016) i *Vodič za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj* (MEANDAR, 2013).

2.1. Okvirna direktiva o vodama i metodologija hidromorfološkog monitoringa

Najvažniji dokument Europske unije o vodama je Okvirna direktiva o vodama (ODV) koja je usvojena 2000. godine. Njezin cilj je osigurati funkcionalno upravljanje vodom na razini cijele Europske unije čime se želi postići dobro ekološko stanje svih vodnih tijela. Ekološko stanje izraz je kakvoće strukture i funkcioniranja vodnih ekosustava u svezi sa površinskim vodama (ODV). Direktivom su obuhvaćene površinske i podzemne vode, pri čemu površinske vode uključuju rijeke i jezera, te obalne i prijelazne vode. Prema klasifikaciji ODV-a površinske vode uključuju pet kategorija ekološkog stanja: visok, dobar, umjeren, slab i loš. Visok status označava da nema prisutnosti antropogenih pritisaka, dobar status znači manje odstupanje od prirodnog stanja, a umjeren status umjerenom odstupanje od prirodnog stanja i tako dalje. ODV stavlja naglasak na upravljanje vodama i poticanje učinkovite zaštite vode na lokalnoj razini, pri čemu se kroz Direktivu donose ciljevi i pristup, a mjere koje će se koristiti za postizanje dobrog stanja ostavljene su na odluku svakoj državi zasebno.

Okvirna direktiva o vodama temelji svoj pristup na riječnom slivu odnosno porječju budući da ono obuhvaća cijeli riječni sustav, od izvora i pritoka do ušća, što uključuje i podzemne vode. Kako rijeke i porječja prelaze međunarodne granice, negativni utjecaji i onečišćenje u jednoj državi imaju utjecaj na stanje nizvodno. Zbog toga je za uspješno upravljanje vodama ključna suradnja na razini cijele Europe (Europske unije), odnosno integrirano upravljanje porječjem. Ono koristi holistički pristup pri zaštiti sveukupnog vodnog tijela, njegovog izvorišnog dijela, pritoka i riječnog ušća (Europska komisija, 2018).

Okvirnom direktivom o vodama želi se uspostaviti okvir za zaštitu površinskih, prijelaznih, priobalnih i podzemnih voda koji:

- sprječava daljnju degradaciju te štiti i učvršćuje stanje vodnih ekosustava
- omogućava održivo korištenje voda na osnovu dugoročne zaštite raspoloživih vodnih resursa
- ima za cilj bolju zaštitu i poboljšanje vodnog okoliša
- osigurava progresivno smanjenje onečišćenja podzemnih voda
- doprinosi ublažavanju posljedica poplava i suša

U procesu integracije Hrvatske u Europsku uniju bilo je potrebno uskladiti zakone i načine upravljanja vodnim i zaštićenim područjima sa zahtjevima različitih direktiva Europske unije poput Okvirne direktive o vodama. Uz ocjenu kakvoće kemijskih i bioloških obilježja ODV jednaku važnost pridaje i hidromorfološkim obilježjima koja dosad nisu bila zastupljena u Hrvatskoj. U tu svrhu izrađen je *Vodič za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj* (MEANDER) koji u potpunosti ispunjava zahtjeve ODV-a i omogućuje ocjenu osnovnih hidromorfoloških elemenata kakvoće rijeka pomoću kvalitativnog i/ili kvantitativnog bodovanja hidromorfoloških obilježja te određivanja promjena u rijekama. Kako bi ocjenjivanje ekološkog stanja temeljem hidromorfoloških elemenata kakvoće bilo jednako za cijelu Hrvatsku donesena je Metodologija monitoringa i ocjenjivanja hidromorfoloških pokazatelja za tekućice u kojoj se definira (Hrvatske vode, 2016):

- postupak provedbe monitoringa hidromorfoloških promjena u tekućicama
- postupak bodovanja hidromorfoloških pokazatelja
- postupak ocjene ekološkog stanja temeljem hidromorfoloških elemenata kakvoće
- referentne uvjete u tipovima tekućica

Hidromorfološka obilježja bitna su za biljne i životinjske zajednice u potocima i rijekama, koje karakterizira dinamičan okoliš zbog stalnih promjena u protocima i prijenosu sedimenta, tako da su promjene fizičke strukture korita, obala i obalnih pojaseva od velikog značaja za riječne ekosustave. Ekološko stanje u potocima i rijekama često je narušeno zbog izgradnje brana, nasipa, obaloutvrda i drugih hidrotehničkih elemenata kojima se štiti okolni prostor od poplava. Vodič za hidromorfološki monitoring opisuje metode hidromorfološkog istraživanja, od načina prikupljanja i obrade podataka, bodovanja pojedinih elemenata te u konačnici klasifikaciju, objašnjenje i prezentaciju dobivenih rezultata.

Za ispunjenje zahtjeva ODV-a potrebno je pratiti:

- količinu i dinamiku protoka
- vezu sa podzemnim vodama
- kontinuitet rijeke
- varijacije u širini i dubini rijeke
- strukturu i podlogu korita rijeke
- strukturu obalnog pojasa

Cilj ODV-a je postizanje „dobrog ekološkog stanja“ površinskih voda, a ono uključuje kemijske, biološke i hidromorfološke elemente kakvoće, pri čemu su hidromorfološki elementi potrebni za postizanje „vrlo dobrog ekološkog stanja“ koje odgovara referentnim uvjetima. Referentni uvjeti su oni koji održavaju u potpunosti nenarušeno stanje, bez ljudskog djelovanja ili gotovo prirodno stanje s tek neznatnim dokazom narušenog.

2.2. Metodologija ocjene hidromorfološkog stanja

Postupak istraživanja u svrhu određivanja ocjene hidromorfološkog stanja sastojao se od 5 koraka – prikupljanja podataka, definiranja istraživanih dionica i odsječaka, ocjenjivanja parametara na osnovu dostupnih kartografskih i drugih pisanih izvora podataka, zatim terenskog istraživanja i provjere prethodno dodijeljenih ocjena te na kraju ukupne ocjene svih odsječaka i u konačnici cijelog vodnog tijela. Kao priprema za istraživanje korištene su topografske karte mjerila 1:25 000 te topografska karta Austrougarske monarhije 1:75 000 (Spezialkarte, 1869. – 1887.) dostupna na portalu Mapire kako bi se utvrdile promjene tlocrtnog oblika korita Gradne. Zatim karta pokrova i načina korištenja zemljišta Corine Land Cover 2012 (HAOP), geološka karta mjerila 1:100 000 odnosno list za Zagreb L 33 – 80 (Šikić i dr., 1982) i geomorfološka karta Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja 1:50000 (Dujmović i dr., 2007), digitalne ortofoto karte mjerila 1:5 000 preuzete s Geoportala te hidrološki i meteorološki vremenski nizovi DHMZ-a. Nakon prikupljanja svih podataka potrebnih za istraživanje određene su dionice te lokacije reprezentativnih odsječaka na kojima će biti provedeno ocjenjivanje hidromorfološkog stanja. Monitoring je proveden za vodotok Gradnu te njegove glavne izvorišne tokove Lipovečku i Rudarsku Gradnu. Svaki od tih tokova podijeljen je na dionice koje su određene temeljem zajedničkih obilježja, odnosno promjene u morfološkim obilježjima te su određeni odsjecci na kojima će biti proveden monitoring.

U Metodologiji (Hrvatske vode, 2016) su objašnjena dva pristupa istraživanju dionica; prema prvom dionica se istražuje kao cjelina, odnosno čitava dionica se ocjenjuje kao jedinstveni reprezentativni odsječak, a prema drugom dionica se istražuje u više istraživanih reprezentativnih odsječaka. U ovom istraživanju korišten je prvi pristup te je temeljem dostupnih izvora podataka određena lokacija monitoringa koja je reprezentativna za cijeli odsječak, a dužina istraživanih odsječaka odnosno dionica određena je na temelju

promjene morfoloških obilježja u samom koritu, na obali i obalnom području toka. Ukupno je određeno 13 odsječaka za koje je proveden monitoring. Istraživanje hidromorfološkog stanja uključuje 3 zone riječnog okoliša – korito vodotoka, obale/obalni pojas i poplavno područje. Parametri prema kojima se određuje hidromorfološka ocjena podijeljeni su u 3 kategorije – hidrologija, uzdužna povezanost i morfologija, koja uključuje geometriju korita, podlogu, vegetaciju i organske ostatke u koritu, obilježja erozije/taloženja, strukturu obale i promjene na obali, vrstu/strukturu vegetacije na obalama i okolnom zemljištu, korištenje zemljišta i povezana obilježja te interakcije između korita i poplavnog područja (tab. 1.).





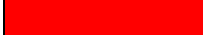
Tab. 1. Hidromorfološki elementi i njihovo bodovanje

			Kvalitativno bodovanje (B)	Kvantitativno bodovanje (A)
Hidrologija	2.1 Protok	2.1.1 Učinci umjetnih građevina u koritu unutar dionice	1 3 5	Obilježje se ne boduje
		2.1.2 Učinci promjena širom slijeva na obilježja protoka	1 3 5	1 2 3 4 5
		2.1.3 Učinci promjene u dnevnom protoku	1 3 5	1 2 3 4 5
Uzdužna povezanost	3.1 Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina	3.1.1 Uzdužna povezanost pod utjecajem umjetnih građevina	1 3 5	Obilježje se ne boduje
Morfologija	4.1 Geometrija korita	4.1.1 Tlocrtni oblik	1 3 5	1 2 3 4 5
		4.1.2 Presjek korita (uzdužni i poprečni)	1 3 5	1 2 3 4 5
	4.2 Podloga	4.2.1 Količina umjetnog materijala	1 3 5	1 2 3 4 5
		4.2.2 Mješavina "prirodnih" podloga ili izmijenjena značajka	1 3 5	Obilježje se ne boduje
	4.3 Vegetacija i organski ostaci u koritu	4.3.1 Uklanjanje vodene vegetacije	1 3 5	Obilježje se ne boduje
		4.3.2 Količina drvenih ostataka, ako se očekuju	1 3 5	Obilježje se ne boduje
	4.4 Erozijska	4.4.1 Prisutnost elemenata unutar korita poput prudova i sl.	1 3 5	Obilježje se ne boduje
	4.5 Struktura obale i promjene na obali	4.5.1 Opseg dionice pod utjecajem umjetnog materijala (% duljine obale)	1 3 5	1 2 3 4 5
	4.6 Vrsta/struktura vegetacije na obalama i na okolnom zemljištu	4.6.1 Zemljišni pokrov na obalnom pojasu (% duljine obale)	1 3 5	1 2 3 4 5
	4.7 Korištenje zemljišta i s time povezana obilježja	4.7.1 Korištenje zemljišta iza obalnog pojasa	1 3 5	1 2 3 4 5
	4.8 Interakcija između korita i poplavnog područja	4.8.1 Stupanj lateralne povezanosti rijeke i poplavnog područja	1 3 5	1 2 3 4 5
		4.8.2 Stupanj lateralnog kretanja korita rijeke	1 3 5	1 2 3 4 5

Izvor: Vodič za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj, 2013

Bodovanje pojedinih parametara može se temeljiti na kvantitativnim (A) i/ili kvalitativnim (B) podacima. Bodovna ljestvica s kvantitativnim podacima je peterostupanjska ljestvica (1, 2, 3, 4, 5; 1 označava najniži stupanj promjene, a 5 najviši stupanj promjene), dok je bodovna ljestvica s kvalitativnim podacima trostupanjska (1, 3, 5). Obje ljestvice su međusobno zamjenjive, no prema Vodiču poželjno je koristiti kvantitativnu ljestvicu kad god je to moguće i kada postoji dovoljna količina podataka, budući da je ta ljestvica općenito pouzdanija jer su podaci kvantificirani, dok kod kvalitativne ljestvice ocjene dosta ovise o samom istraživaču i njegovoj procjeni.

Tab. 2. Klasifikacija hidromorfološke promjene i opis kategorija

Ocjena	Kategorija	Boja na karti	Opis
1,0 - 1,5	1		Gotovo prirodno
1,5 - 2,5	2		Neznatno promijenjeno
2,5 - 3,5	3		Umjerenom promijenjeno
3,5 - 4,5	4		Promijenjeno u velikoj mjeri
4,5 - 5,0	5		Izrazito promijenjeno

Izvor: Vodič za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj, 2013

3. Fizičkogeografska obilježja istraživanog prostora

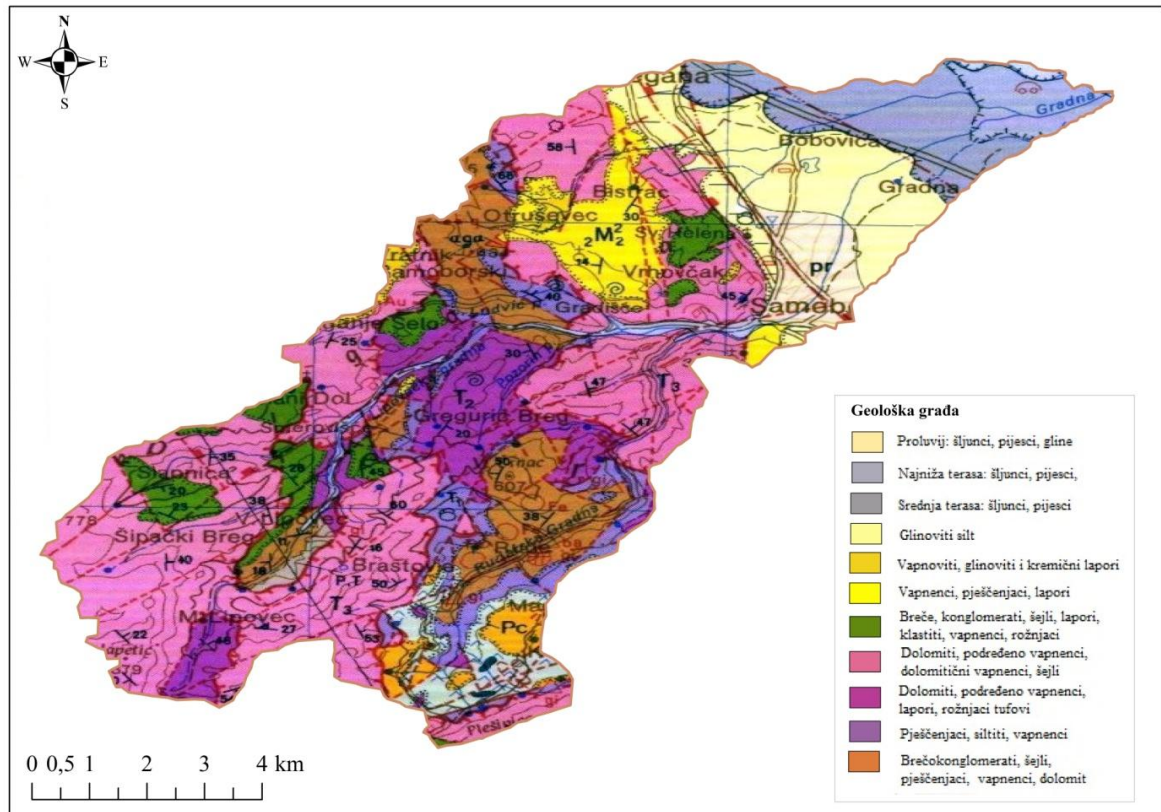
3.1. Geološka građa

Geološka građa analizirana je pomoću lista geološke karte mjerila 1:100 000 koja je georeferencirana te pripadnog tumača za list Zagreb L 33 – 80 (Šikić i dr., 1982). Prostor Samoborskog gorja obuhvaća velik raspon litostratigrafskih jedinica, od mlađeg paleozoika pa sve do kvartara, što znači relativno složenu geološku građu toga prostora (sl. 2.). Najstarije stijene pripadaju srednjem i gornjem permu, a nalaze se između potoka Lipovečke Gradne i Bregane, u okolici Velikog Lipovca, sa obje strane toka Rudarske Gradne i na području Ludvič potoka. U litološkom smislu to su pješčenjaci, konglomerati i brečokonglomerati koji su slabije propusni za vodu. Također, česte su pojave željezne rude hematita i limonita od čega naslage imaju žutocrvenkastu boju. Tako su za klastite iz perma u dolini Rudarske Gradne vezana ležišta željezne i bakrene rude koja su omogućila razvoj rudarstva u Rudama. Na prostoru Lipovečke i Rudarske Gradne javljaju se i naslage gipsa.

Nakon perma dolaze stijene mezozojske starosti od kojih su najviše zastupljene trijaskе naslage, kada se odvijala kontinuirana sedimentacija na prostoru Samoborskog gorja. Od stijena prisutni su vapnenci, dolomiti, lapori i laporovite stijene. Dolomitna područja koja imaju dobru propusnost za vodu karakteriziraju duboko usječene potočne doline te blago zaobljeni grebeni. Gornji trijas posebno je zastupljen u donjem dijelu dolina Lipovečke i Rudarske Gradne i granica mu je na izlasku Gradne u Samobor, dok se srednje trijaskе naslage nalaze uz dolinu Lipovečke Gradne i dalje prema Rudama, a to su pretežno raspucali i okršeni dolomiti čije je obilježje velika poroznost i propusnost. Manji izdvojeni dijelovi sjeverno od Lipovečke Gradne i u njenom izvorišnom području pripadaju razdoblju krede, a to su breče i konglomerati koji su slabo propusni te flišni sedimenti poput lapora, šejla i rožnjaka koji su nepropusni za vodu.

Naslage iz tercijara, to jest neogena zahvaćaju rubne dijelove Samoborskog gorja, a obuhvaćaju organogene i bioklastične vapnence, pješčenjake te vapnovite i glinovite lapore umjerene do slabe propusnosti. U kvartaru dominira fluvijalna sedimentacija Save i njenih pritoka te su istaložene debele naslage riječnih i potočnih šljunkovitih i pješčanih naslaga u Samoborskoj zavali. Tako da su u pleistocenu najzastupljeniji sedimenti les, fluvijalni

šljunci i pijesci koji imaju veliku poroznost i propusnost za vodu. U holocenu dolazi do nastanka proluvijalnih naslaga taloženih bujicama potoka na području Samobora te protočnog aluvija u dolini Gradne na izlazu iz Samoborskog gorja. Te su naslage sastavljene od šljunka i pijeska različite veličine i pomiješane sa glinom.



Sl. 2. Geološka građa porječja Gradne

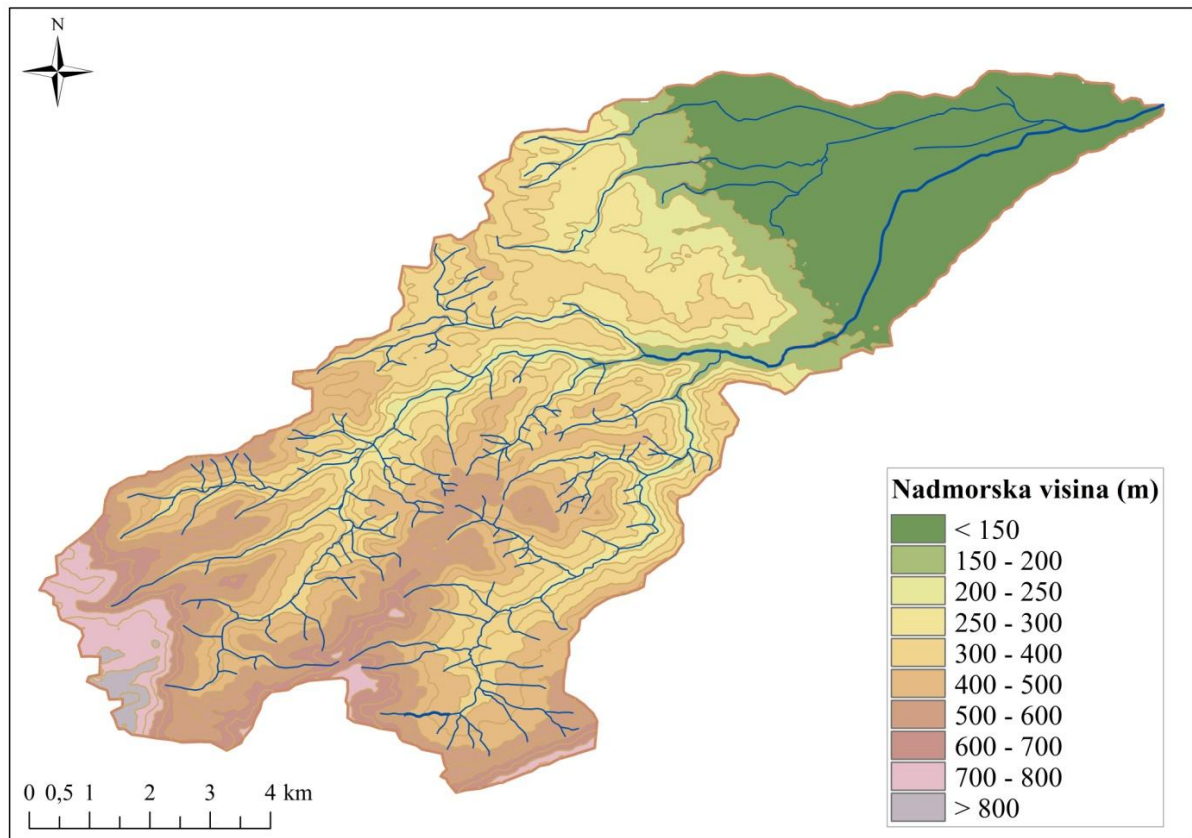
Izvor: prema Osnovna geološka karta 1:100 000, list Zagreb L33-80

3.2. Morfometrijska obilježja reljefa

Morfometrijskom analizom digitalnog modela reljefa u softveru ArcGIS 10.5. prikazana su hipsometrijska obilježja, nagib padina i vertikalna raščlanjenost reljefa.

3.2.1. Hipsometrija

Hipsometrija obuhvaća analizu visinskih obilježja reljefa nekog prostora. Kako se porječje Gradne nalazi dijelom na području Samoborskog gorja i dijelom na prostoru Samoborske zavale, za očekivati je kako će reljef biti razvijen. Raspon visina na istraživanom području iznosi od 110 m do 879,5 m. Najniža točka je ušće Gradne u Savu, a najviša vrh Japetić. Porječje Gradne je podijeljeno u 10 visinskih kategorija (sl. 3.) od kojih su najzastupljenije kategorije < 150 m (20 %), 250 – 300 m (16 %) i 300 – 400 m (22,7 %). Najniži dio gdje je nadmorska visina < 150 m vezan je uz nizinu Save i obuhvaća Samoborsku zavalu te njegov udio u ukupnoj površini porječja iznosi 20 %. Prijelazni dio od 150 do 250 m koji obuhvaća proluvijalnu plavinu, donji dio toka Gradne prije utoka u Samobor te dio doline Rudarske i Lipovečke Gradne čini manji postotak površine od približno 10 %. Isto toliko čini i udio nadmorskih visina od 250 do 300 m koji obuhvaća niže dijelove Samoborskog gorja te doline vodenih tokova. Najveći udio u ukupnoj površini porječja zauzima kategorija visina od 300 do 400 metara koji iznosi 22,63 % i obuhvaća dolinske strane Lipovečke i Rudarske Gradne i središnje dijelove porječja. Visinske kategorije od 400 do 500 m i od 500 do 600 m zauzimaju vršne dijelove gorja dok su visine od 600 do 800 m karakteristične su za grebene.



Sl. 3. Hipsometrijska obilježja porječja Gradne

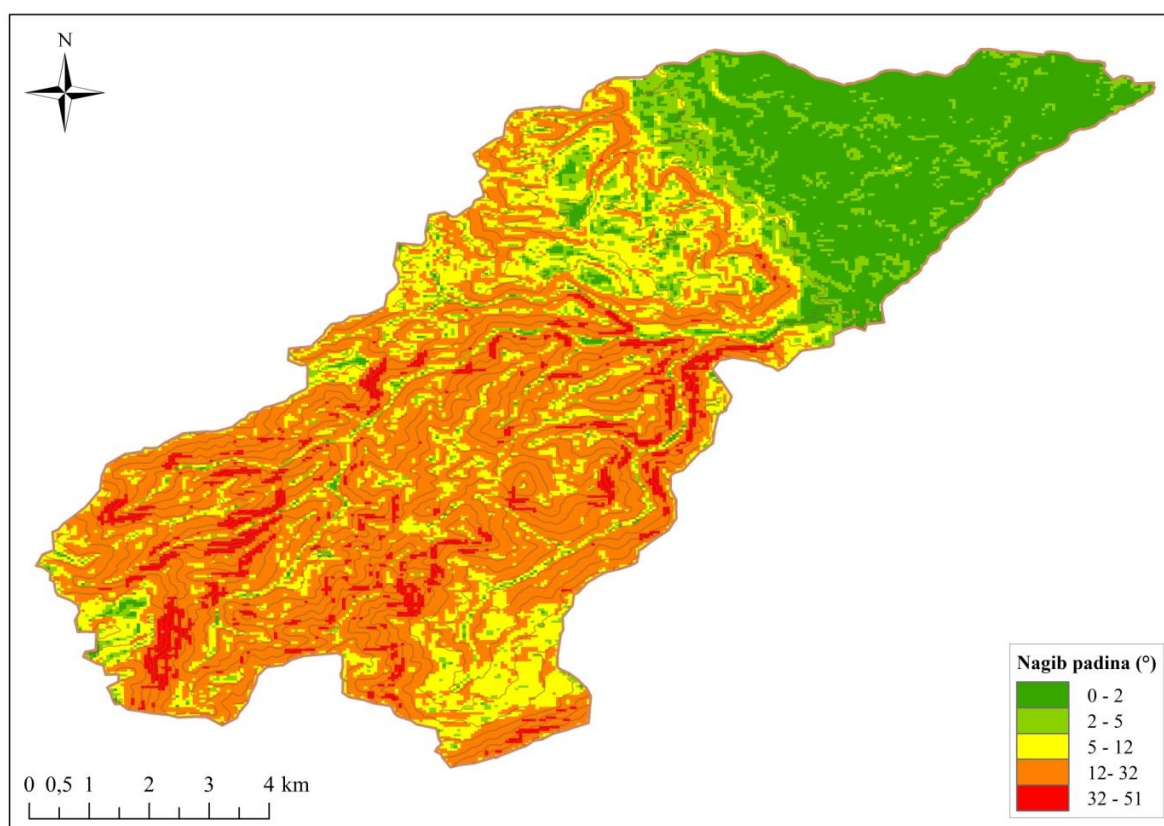
3.2.2. Nagib padina

Druga morfometrijska analiza odnosi se na nagib padina. Prema Lozić (1996) padine predstavljaju bitan element reljefa te se pomoću izračuna njihovog nagiba u lokalnim okvirima može dobro procijeniti jačina denudacije odnosno akumulacije. Najveći udio u ukupnoj površini porječja zauzima kategorija nagiba od 12° do 32° čiji udio iznosi 47,5 %. Za tu kategoriju nagiba karakteristično je pojačano spiranje, snažna erozija i kretanje masa pa su na padinama tog prostora česta klizišta, što je i vidljivo prema brojnim većim i manjim klizištima zabilježenim na strmim padinama u dolinama Lipovečke i Rudarske Gradne te manjim dolinama i jarugama (Dujmović, 2007). Jaruženje je najznačajnije tijekom ljeta kada su česte kratkotrajne intenzivne padaline, a to je posebno izraženo na dolomitnim stranama dolina Lipovečke i Rudarske Gradne. Gotovo sve pritoke Rudarske Gradne u njenom gornjem toku su povremeni vodotoci i oblikuju jaruge. Sljedeća kategorija nagiba prema zastupljenosti je od 5° do 12° koja je zastupljena na sjeveroistočnom dijelu Samoborskog gorja te karakterizira dolinske strane gornjeg toka Rudarske Gradne. Nagibi manji od 2° prevladavaju većinom na prostoru Samoborske

zavale i njihov udio u ukupnoj površini iznosi 18,6 % te su to prostori akumulacije sedimenta iz vodotoka (tab. 3., sl. 4.).

Tab. 3. Nagib padina i udio pojedine kategorije u ukupnoj površini

Nagib (°)	Površina (km ²)	Udio u ukupnoj površini (%)
0° - 2°	12,28	18,64
2° - 5°	5,82	8,83
5° - 12°	13,11	19,88
12° - 32°	31,28	47,46
> 32°	3,42	5,19



Sl. 4. Nagib padina u porječju Gradne

3.2.3. Vertikalna raščlanjenost reljefa

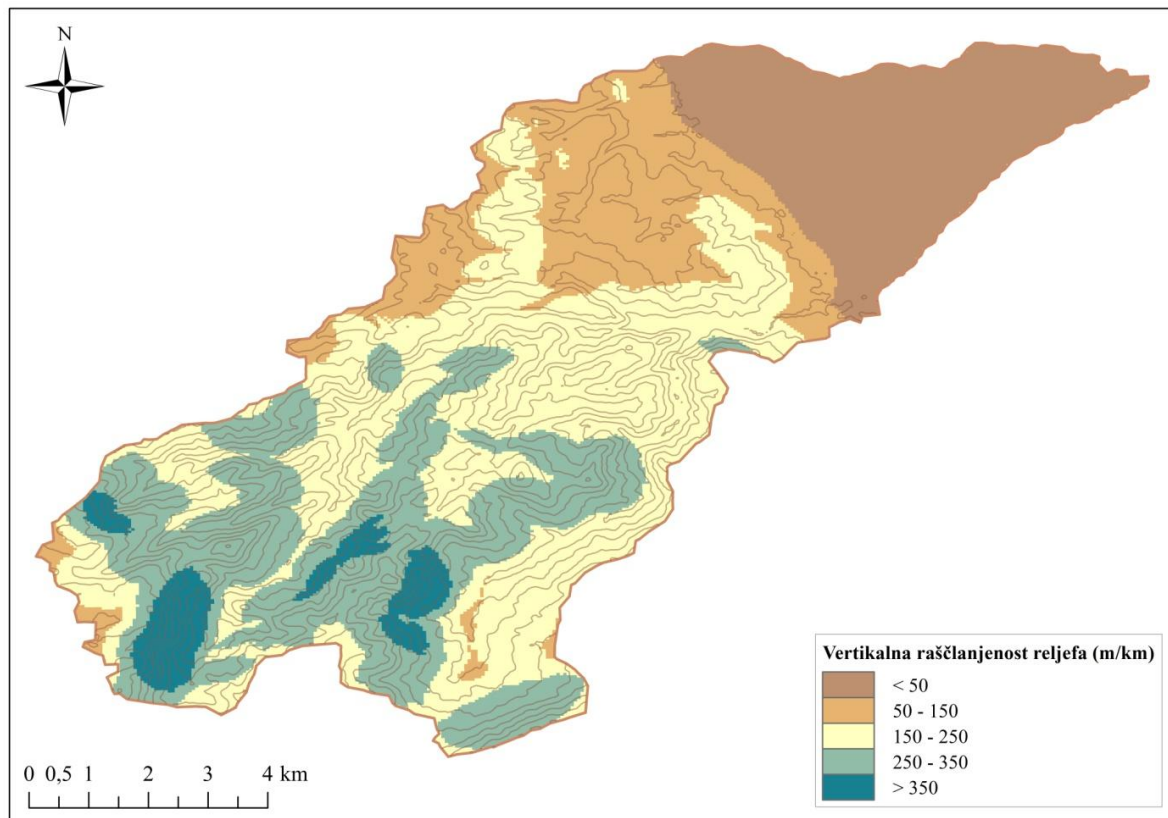
Vertikalna raščlanjenost reljefa predstavlja visinsku razliku između najviše i najniže točke u određenom prostoru, to jest na jedinici površine. Za jediničnu površinu u ovom radu uzet je krug radijusa 564 m. Prema Lozić (1995) vertikalna raščlanjenost reljefa u lokalnim uvjetima određena je specifičnostima terena i predstavlja parametar razvoja intenziteta egzogenih procesa. Analiza digitalnog modela reljefa pokazala je da najmanja

vrijednost vertikalne raščlanjenosti u porječju iznosi 8,47 m/km², a najveća vrijednost 428,27 m/km², dok je prosječna vertikalna raščlanjenost istraživanog prostora 183,45 m/km².

Većinski dio porječja ulazi u kategoriju slabo do umjereno raščlanjenog reljefa (tab. 4, sl. 5.). Najmanje vrijednosti vertikalne raščlanjenosti izračunate su na prostoru Samoborske zavale, koja je zaravnjen nizinski prostor sa izraženim procesima akumulacije i predstavlja tektonski mirnije područje. Nešto veća vertikalna raščlanjenost od 250 do 350 m vezana je uz strme dolinske strane dolina Lipovečke i Rudarske Gradne te općenito više nadmorske visine, dok su najveće vrijednosti vertikalne raščlanjenosti u najizdignutijim dijelovima porječja, odnosno Samoborskog gorja, posebice na području Japetića i Velikog Oštrca gdje su izraženi tektonski pomaci (Dujmović, 2007).

Tab. 4. Vertikalna raščlanjenost reljefa i udio kategorija u ukupnoj površini

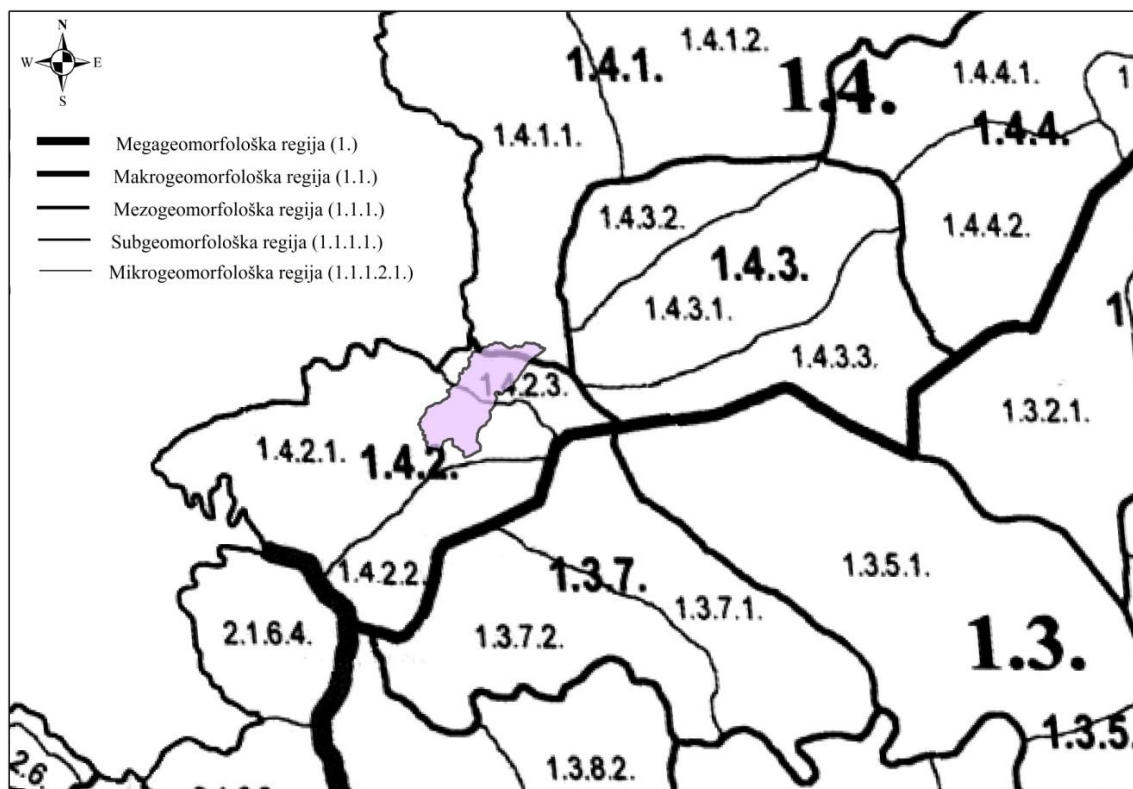
Vertikalna raščlanjenost reljefa (m/km ²)	Površina (km ²)	Udio u ukupnoj površini (%)
< 50	12,35	18,70
50 - 150	11,10	16,81
150 - 250	23,51	35,58
250 - 350	16,29	24,66
> 350	2,80	4,25



Sl. 5. Vertikalna raščlanjenost reljefa u porječju Gradne

3.3. Geomorfološka regionalizacija

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske (Bognar, 2001) područje istraživanja pripada megamakrogeomorfološkoj regiji Panonski bazen (1) te makrogeomorfološkoj regiji Gorsko – zavalsko područje Sjeverozapadne Hrvatske (1.4.). Samoborsko gorje pripada u mezogeomorfološku regiju s nazivom Gorski masiv Žumberačke gore sa II predgorskom stepenicom (1.4.2.) koja se dalje dijeli na tri subgeomorfološke regije od kojih se porječje Gradne nalazi u cjelini Samoborska zavala s nizinom Save (1.4.2.3.) te gorski masiv Žumberačke gore (1.4.2.1.) (sl. 6.).



Sl. 6. Geomorfološka regionalizacija porječja Gradne

Izvor: prema Bognar (2001)

U strukturno geomorfološkom smislu porječje se sastoji od dvije cjeline, Samoborske zavale koja je akumulacijsko – tektonske morfostrukture i Samoborskog gorja koje je denudacijsko – tektonske morfostrukture. Samoborska zavala nastala je egzogenim utjecajima te je modificirana tektonskim pokretima tijekom kenozoika (Bognar, 1994). To je mlađa potolina ispunjena nanosima Save i pritoka sa Samoborskog gorja. Nastala je tonjenjem mlađe pleistocenske terase i prekrivena je mladim fluvijalnim naplavinama (Dujmović, 2007). Samoborsko gorje je gromadno gorsko uzvišenje asimetričnog poprečnog presjeka i složene tektonske strukture. Današnji oblik reljefa ne poklapa se u potpunosti sa geološkom građom što predstavlja diskonformnu strukturu reljefa (Dujmović, 2007). Pretežno je dolomitnog i vapnenačkog sastava na kojem prevladava fluviokrški i krški reljef, a u duboko usječenim dolinama potoka dolazi do izbijanja starih paleozojskih naslaga na površinu.

Veliku važnost u oblikovanju reljefa imaju tekućice čija je riječna mreža dobro razvijena i raširena na prostoru Samoborskog gorja. Tekućice se usijecaju u tektonski predisponirane zone te odvajaju pojedine blokove – Japetić, Veliki Črnc, Veliki Oštrc. Na

području porječja mogu se izdvojiti četiri orografska tipa reljefa: nizinski uz Savu, zavalški na prostoru Samoborske zavale, predgorski na rubovima Samoborskog gorja te gorski koji predstavlja samo Samoborsko gorje. Doline su izraženog V presjeka što ukazuje na erozijsku aktivnost tekućica koje se usijecaju u reljef i oblikuju ga. Lipovečka Draga je u odnosu na Rudarsku Dragu šira dolinska ravan do 180 m širine, dok je Rudarska Draga znatno uža sa širinom naplavne ravni do 70 m (Dujmović, 2007). Osim toga, Lipovečka Gradna prima više pritoka od Rudarske Gradne, čiji su pritoci većinom nestalni tokovi i osim u izvorišnom dijelu nalaze se na lijevoj obali.

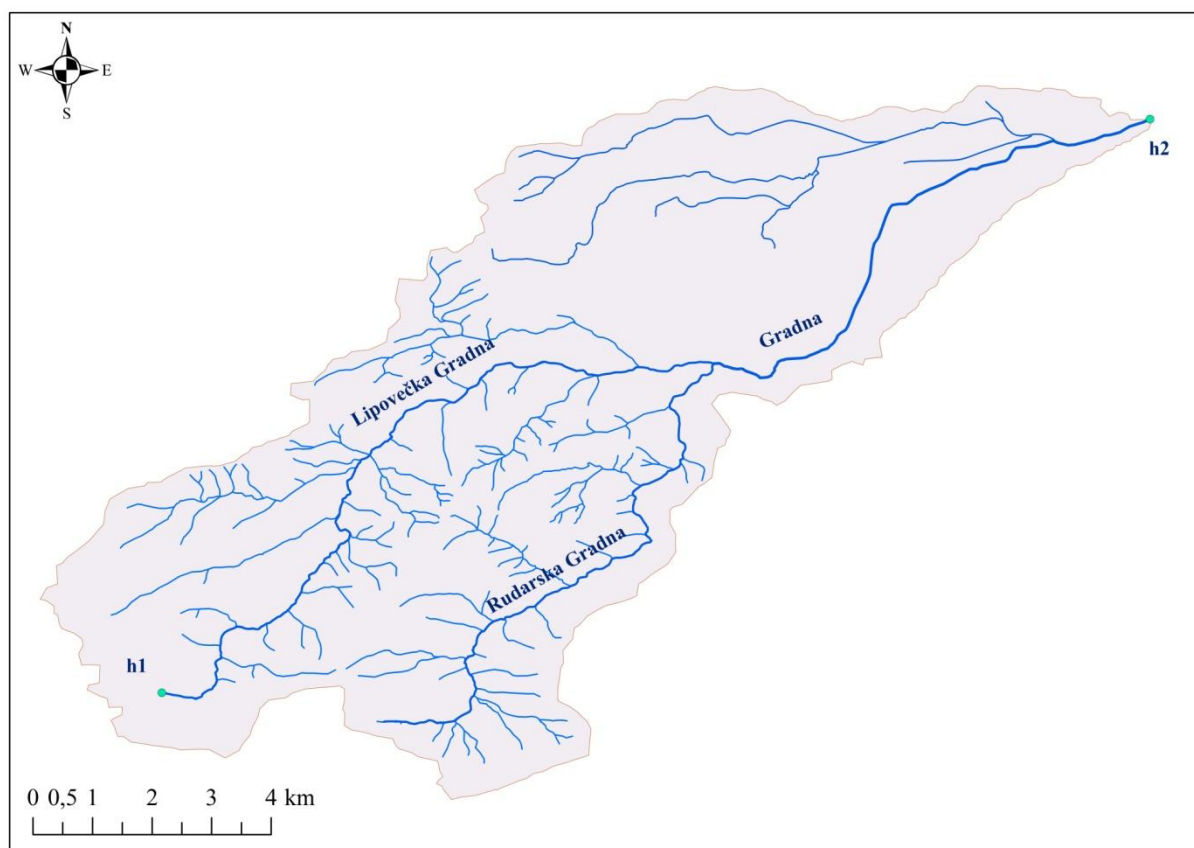
Što se tiče oblika riječne i dolinske mreže on je prevladavajućeg radijalnog i paralelnog oblika budući da su svi vodotoci formirali doline koje su usmjerene prema zavalama kao temeljnim erozijskim bazama. Paralelna struktura riječne mreže određena je dominantnim smjerom pružanja rasjeda i pukotina JZ- SI, a do odstupanja dolazi samo u slučajevima kada su jače izražena lokalna izdizanja terena u sklopu manjih blokova pa ih vodotoci zaobilaze te se uz njih veže radijalni i centrifugalni tip riječne mreže. Velik dio oblikovan je u dolomitima te ima dendritični oblik mreže te su tamo česta laktasta skretanja zbog lokalne mikrotektonske razdrobljenosti.

3.4. Hidrometrijska obilježja

3.4.1. Elementi tekućice

Gradna ima 2 glavna izvorišna kraka, a to su Lipovečka i Rudarska Gradna koje izvire na prostoru Samoborskog gorja (sl. 7.). One se spajaju uzvodno od grada Samobora te nastavljaju teći kao jedinstven tok Gradne kroz Samobor sve do ušća u Savu. Gradna je prema ekotipu klasificirana kao tip gorske i prigorske male tekućice te pripada dinarskoj ekoregiji (Hrvatske vode, 2015). Duljina Lipovečke Gradne iznosi 10,83 km, a Rudarske Gradne 8,88 km, dok sama Gradna teče u duljini od 7,74 km. Kako je za glavni izvorišni tok zbog veće duljine uzeta Lipovečka Gradna onda ukupna duljina Gradne iznosi 18,57 km od izvora do ušća. Glavni izvor Gradne nalazi se na 610 m nadmorske visine u blizini Japetića, a nešto niže kod Malog Lipovca ona formira stalni tok i usijeca dolinu kroz Samoborsko gorje, dok joj se ušće u Savu nalazi na 110 m nadmorske visine. Zračna duljina Gradne, odnosno najkraća udaljenost između izvora i ušća, iznosi 15 km. Razlika

između ušća i izvora, to jest apsolutni pad Gradne, iznosi 500 m, dok je relativni pad vodotoka 26,9 m/km. Koeficijent razvedenosti iznosi 1,23.



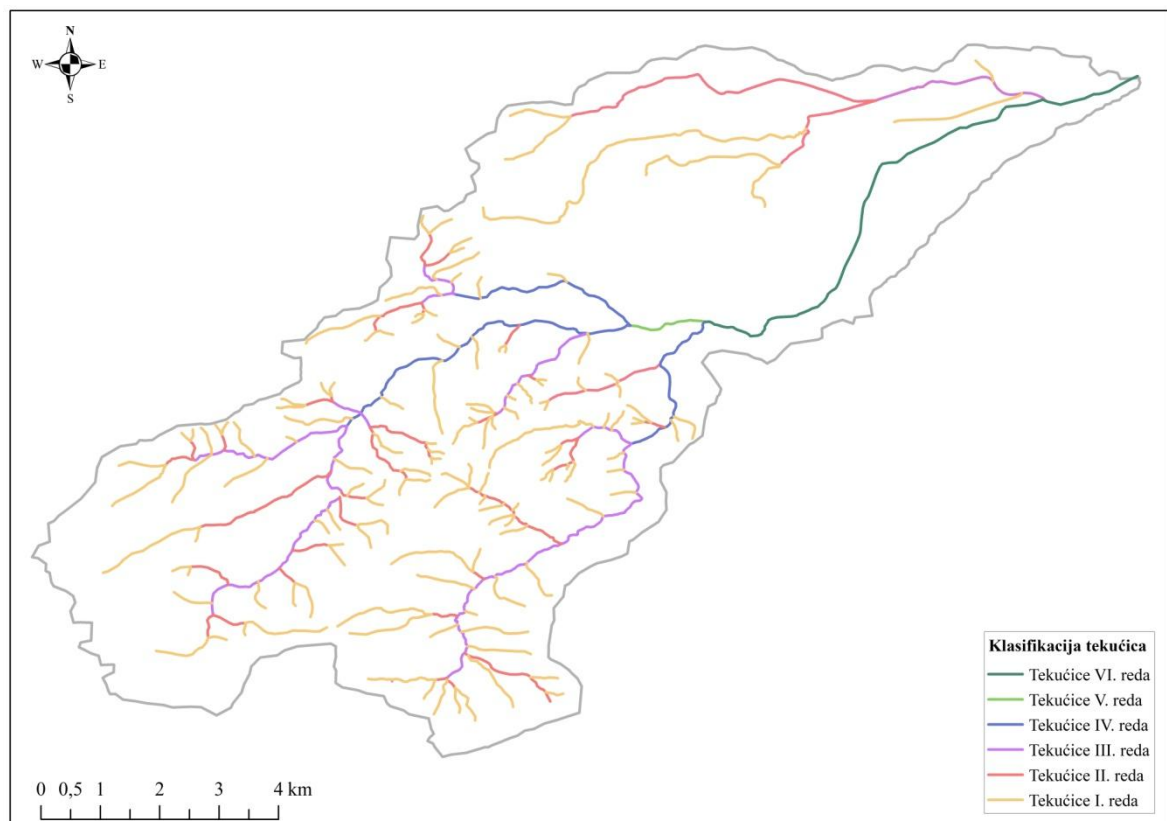
Sl. 7. Mreža tekućica u porječju Gradne

3.4.2. Elementi porječja

Porječje je dio prostora koji odvodnjava tekućica sa svojim pritocima na površini kopna ili u podzemlju topljivih stijena (Riđanović, 1993). Porječje Gradne pripada vodnom području rijeke Dunav odnosno porječju Save te tako spada pod Crnomorski slijev. Granice porječja određene su pomoću digitalnog modela reljefa u ArcGis 10.5. softveru i dodatno su korigirane usporedbom sa TK 1:25 000. Prema dobivenim podacima površina porječja iznosi 66,05 km², dok je njegova duljina 15,93 km. Prosječna širina iznosi 3,6 km, a najveća širina porječja 7,1 km. Najviša kota porječja nalazi se na 879,5 m i to je vrh Japetić, dok je najniža kota ušće na 110 m. Opseg kruga jednak površini porječja iznosi 28,81 km, a opseg stvarnog porječja Gradne iznosi 46,62 km što znači da je opseg porječja Gradne odnosno duljina razvodnice 38,21 % veća od opsega kruga jednakog površini porječja. Prema izračunatim obilježjima vidljivo je da je porječje Gradne razvijeno,

izduženog oblika u smjeru sjeveroistok – jugozapad. Indeks reljefa odnosno razlika između najviše i najniže točke u porječju iznosi 769,5 m. Duljina svih tekućica u porječju iznosi 128,58 km, a duljina pritoka Gradne 110,01 km. Iz poznatih podataka izračunata je gustoća mreže tokova u porječju koja iznosi 1,95 km/km².

Klasifikacija tekućica izrađena je prema Strahlerovoj (1957) metodi (prema Riđanović, 1993). Prema toj metodi sve izvorišne tekućice su prvog reda, a kada se spoje dvije izvorišne nastaje tekućica drugog reda. Spajanjem tekućica drugog reda nastaje tekućica trećeg reda i tako dalje sve do ušća glavne tekućice. Najveća kategorija tekućice za ovo porječje iznosi 5 i to je glavna tekućica Gradna, a broj tekućica nižeg reda se proporcionalno povećava kako se red tekućice smanjuje (sl. 8.).



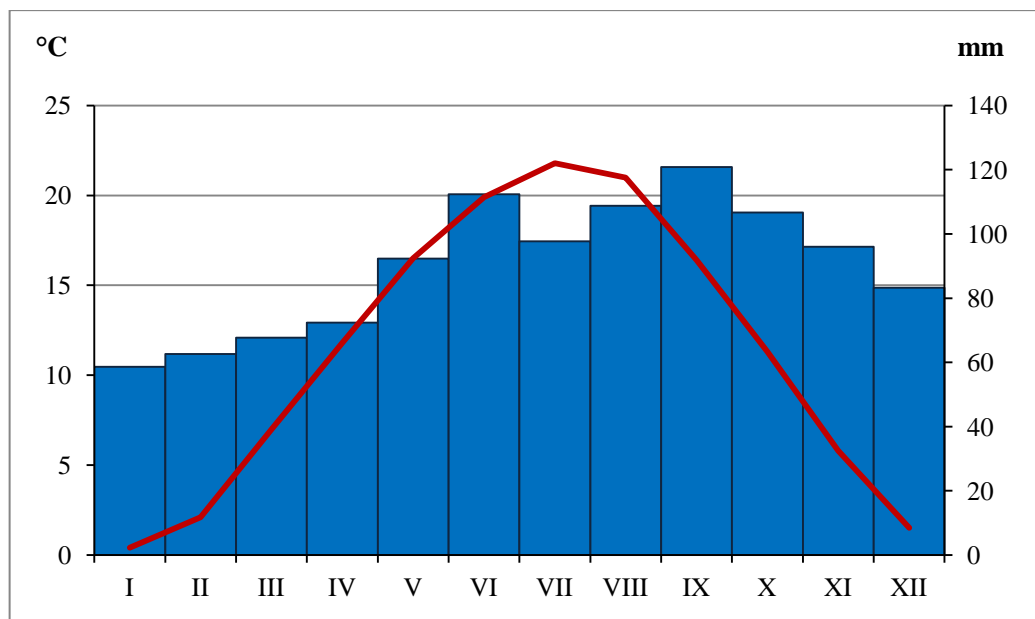
Sl. 8. Klasifikacija tekućica prema Strahleru u porječju Gradne

3.5. Klimatološka obilježja i meteorološki podaci

Za klimu Hrvatske važan je položaj u umjerenim geografskim širinama te modifikatori klime Jadransko i šire Sredozemno more te Dinaridi sa svojim oblikom, nadmorskom visinom i položajem prema prevladavajućem strujanju zraka. Kontinentalna Hrvatska u kojoj se nalazi istraživano porječje ima umjerenu kontinentalnu klimu i cijele se godine nalazi u cirkulacijskom pojasu umjerenih širina, gdje je stanje atmosfere vrlo promjenjivo, odnosno obilježeno raznolikošću vremenskih situacija (Zaninović, 2008). Klima kontinentalnog dijela Hrvatske modificirana je maritimnim utjecajem sa Sredozemlja, koji se u području južno od Save ističe jače nego na sjeveru, a tu pripada i područje Samoborskog gorja i Samoborske zavale. Osim toga modifikator je i orografija, to jest u području istraživanja Samoborsko i Žumberačko gorje, koja dovodi do kratkotrajnih jakih oborina.

Prema Köppenovoj klimatskoj klasifikaciji ovo područje pripada umjereno toploj kišnoj klimi, točnije klimatskom podtipu "Cfbwx". Srednja mjesečna temperatura najhladnijeg mjeseca je viša od -3°C te niža od 18°C (C), a najtopliji mjesec u godini ima srednju temperaturu nižu od 22°C . Tijekom godine nema izrazito suhih mjeseci, a mjesec s najmanje oborine u hladnom je dijelu godine (fw), a u godišnjem hodu oborine javljaju se dva maksimuma, jesensko - zimski i proljetni maksimum (x") (Zaninović, 2008).

Na području porječja nalazi se jedna klimatološka postaja (Samobor, 141 m nv) te dvije kišomjerne postaje (Lipovec, 365m nv (više nije u funkciji) i Rude, 287 m nv). Prema podacima klimatološke postaje u Samoboru za razdoblje od 1981. do 2017. godine, najviša mjesečna temperatura u godini javlja se u srpnju ($21,8^{\circ}\text{C}$), a najniža mjesečna temperatura u siječnju ($0,4^{\circ}\text{C}$), dok prosječna godišnja temperatura za to razdoblje iznosi $11,3^{\circ}\text{C}$ (sl. 9.). Prosječna godišnja količina padalina za postaju Samobor u istom razdoblju iznosi 1075,9 mm. Što se tiče godišnjeg hoda padalina, mogu se izdvojiti 2 maksimuma, jedan u lipnju (112,4 mm) i jedan u kolovožu (120,8 mm), dok je najmanja količina padalina u siječnju (58,6 mm).

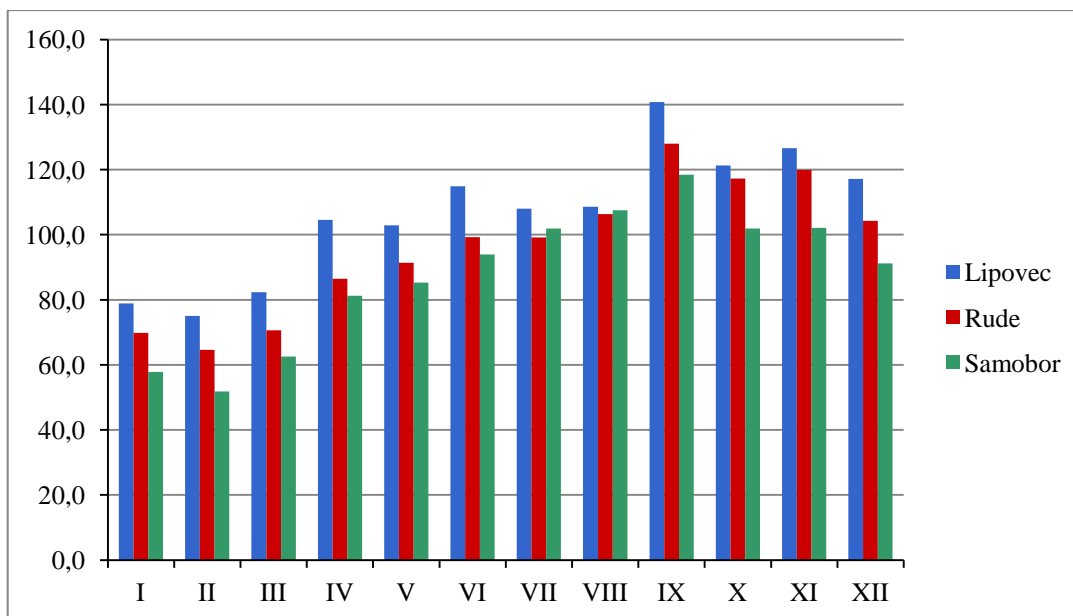


Sl. 9. Klimadijagram postaje Samobor za razdoblje 1981. – 2017.

Izvor: DHMZ, 2018

Za usporedbu godišnjeg hoda padalina sve 3 stanice na području porječja Gradne odabrano je razdoblje od 1991. do 2013. godine, budući da postaje Lipovec i Rude od tad bilježe podatke, a 2014. godine postaja Lipovec prestaje sa radom. U tom razdoblju podaci za postaju Lipovec i Rude su kontinuirani osim za 2004. godinu kada nedostaju 3 mjeseca u mjerenjima postaje Rude. Što se tiče postaje Samobor nedostaju kontinuirani podaci za godine 1995., 2000. i kraj 2013. godine.

Kada se usporedi godišnji hod padalina u razdoblju od 1991. do 2013. godine vidljivo je da ne postoje značajnije razlike u godišnjem hodu padalina između 3 postaje na području porječja Gradne što je bilo i za očekivati jer se nalaze relativno blizu. Jedina veća razlika jest prosječna godišnja količina padalina zbog njihovog smještaja na različitim nadmorskim visinama. Najveća prosječna godišnja količina padalina izmjerena je na postaji Lipovec i iznosi 1281,2 mm te je tamo ujedno i zabilježena najveća maksimalna količina padalina od 1721,9 mm 2013. godine. Za Rude prosječna godišnja količina padalina iznosi 1156,4 mm te za Samobor 1048,5 mm. Svim postajama zajednički je glavni maksimum padalina u 9. mjesecu i minimumi u zimskim mjesecima (sl. 10.).



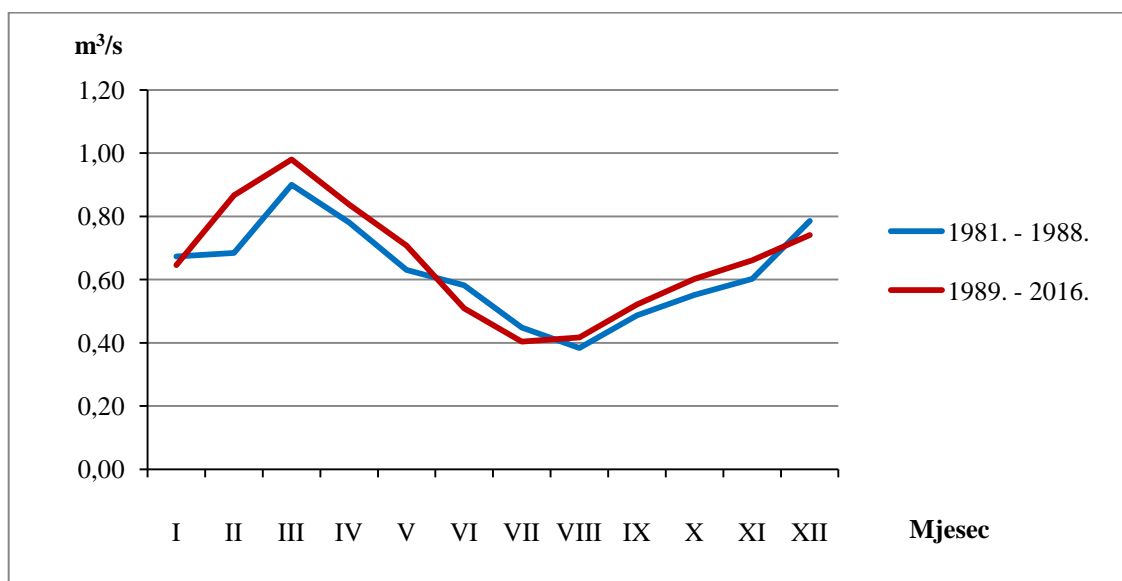
Sl. 10. Godišnji hod padalina za postaje Samobor, Lipovec i Rude za razdoblje 1991. – 2013.

Izvor: prema podacima DHMZ-a

3.6. Hidrološka obilježja i podaci

Podaci o protoku za Gradnu uzeti su sa hidrološke postaje Samobor, za Lipovečku Gradnu sa postaje Hamor, a za Rudarsku Gradnu sa postaje Rudarska Draga Staklana. Hidrološki režim porječja određen je na temelju hidroloških podataka sa postaje Samobor te je primjenjiv na cijelo porječje Gradne zbog male površine porječja. Podaci su za potrebe određivanja promjene hidrološkog režima podijeljeni na dva razdoblja od 18 godina. Prvi niz čine podaci za razdoblje 1981. – 1988., a drugi za razdoblje 1989. – 2016. godine.

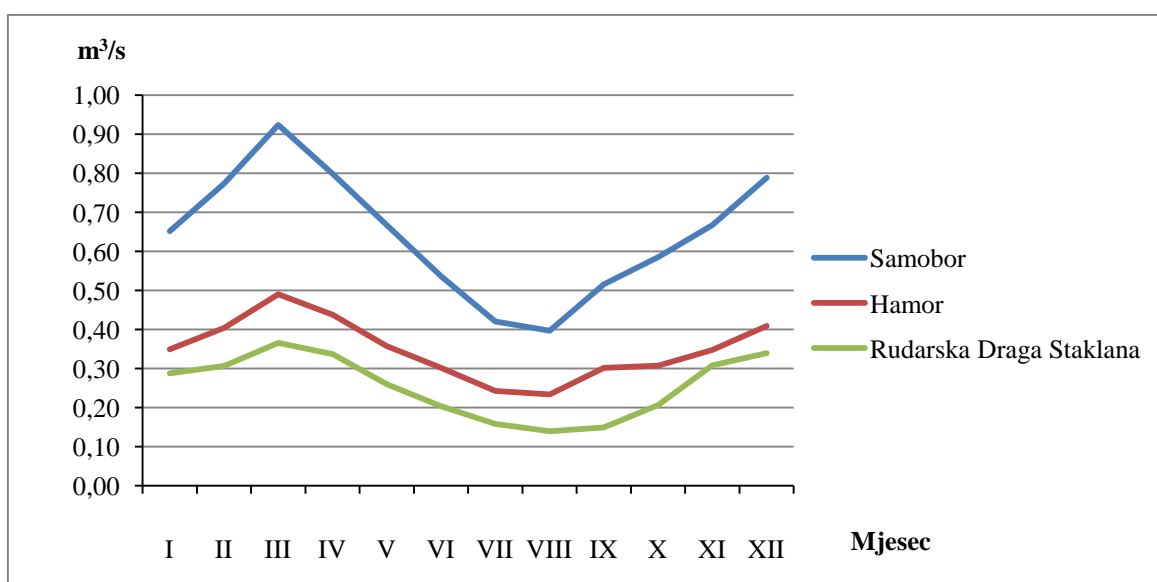
Prosječni godišnji protok nije se promijenio u navedena 2 razdoblja te je ostao na $0,6 \text{ m}^3/\text{s}$, a došlo je do manjih promjena u raspodjeli protoka po mjesecima. Kada se usporede vrijednosti srednjih mjesečnih protoka za razdoblje 1981. - 1988. i 1989. - 2016. vidljivo je da se godišnji minimum protoka s kolovoza pomaknuo ranije na srpanj, dok su oba maksimuma ostala u ožujku i prosincu (sl. 11.). Veća razlika u protoku vidljiva je u veljači, gdje se u drugom dijelu promatranog razdoblja protok povećao sa $0,68$ na $0,87 \text{ m}^3/\text{s}$ odnosno $27,94 \%$. Općenito se može zaključiti da se protok u drugom razdoblju smanjio u ljetnim mjesecima, a povećao u ostatku godine.



Sl. 11. Srednji mjesečni protoci na postaji Samobor za razdoblje 1981. – 2016.

Izvor: prema podacima DHMZ-a

Protočni režim svih triju dijelova Gradne je isti sa dva maksimuma u proljeće i zimu te dva minimuma u kolovozu i siječnju koji je slabije izražen (sl. 12.). Takav režim odgovara peripanonskom kišno – snježnom režimu prema tipologiji protočnih režima Hrvatske (Čanjevac, 2013).

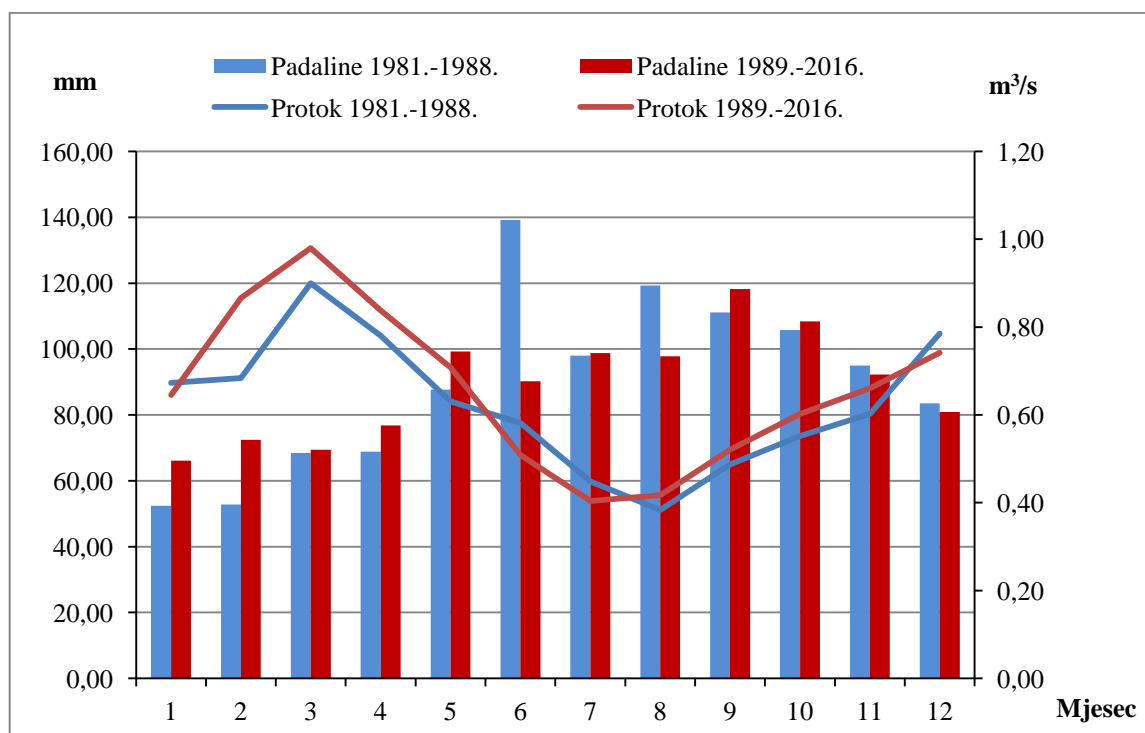


Sl. 12. Srednji mjesečni protoci na postajama Samobor, Hamor i Rudarska Draga Staklana za razdoblje 1991. – 2013.

Izvor: prema podacima DHMZ-a

Kada se usporedi promjena količine padalina i protoka za mjernu postaju u Samoboru vidljiva je povezanost (sl. 13.). Ukupna prosječna godišnja količina padalina nije se promijenila u usporedbi navedena dva razdoblja za postaju Samobor te u prvom razdoblju iznosi 1076,1 mm, a u drugom 1070,0 mm, ali je došlo do promijene raspodjele padalina kroz godinu. Najizraženije promjene dogodile su se u veljači, lipnju i kolovozu. Količina padalina u veljači povećala se sa 52,8 mm na 72,4 mm te se smanjila u lipnju sa 139,2 mm na 90,2 mm i kolovozu sa 119,3 mm na 97,8 mm.

U protoku najveće promjene dogodile su se u veljači kada je protok 27,9 % veći od onog za prijašnje razdoblje. Vodni val dolazi ranije što je vjerojatno posljedica promjena u količini padalina koje su u drugom razdoblju u veljači porasle za 37,1 % u odnosu na prvo razdoblje. Također, došlo je do smanjenja količine padalina u lipnju za 35,2 % što se odražava u smanjenju protoka i pomicanju ljetnog minimuma na srpanj. Općenito je u drugom razdoblju došlo do smanjenja količine padalina i protoka u ljetnim mjesecima, a povećanja u ostatku godine.



Sl. 13. Protočni režim i režim padalina za postaju Samobor razdoblje 1981. – 2016.

Izvor: prema podacima DHMZ-a

4. Antropogeni utjecaji u porječju Gradne

4.1. Utjecaj antropogenih aktivnosti na reljef porječja Gradne

U dolinama Lipovečke i Rudarske Gradne, odnosno na prostoru njihovih porječja, antropogene aktivnosti utjecale su na izgled i geomorfološke procese toga prostora. Područje porječja Rudarske Gradne poznato je po rudarenju. Posebice su u prošlosti bila značajna 3 rudnika neposredno uz naselje Rude, gdje je postojao niz kopova te je izgrađeno mnogo različitih objekata za preradu željezne i bakrene rude te gipsa. U Rudama postoji bogata tradicija rudarstva koja prema nekim izvorima traje još od 1480-ih godina te je u prošlosti kroz cijelo mjesto postojala mreža rudarskih rovova. Zlatno doba rudarenja na tom prostoru obilježava 16. stoljeće, a nakon eksploatacije željezne i bakrene rude u 19. stoljeću započinje se sa vađenjem gipsa koje se odvijalo do 1950-ih godina (Petrić, 2011). U 20. stoljeću provedena su istraživanja o mogućnostima ponovne aktivacije rudarenja, no zaključeno je da zalihe nisu dovoljne da bi iskapanje bilo ekonomično. Početkom 21. stoljeća obnavlja se dio nekadašnjih rovova, ali u turističku svrhu kako bi se očuvala baština vezana uz rudarenje i cjelokupnu povijest Ruda (www.rudnik.hr).

Osim izravnog utjecaja na prostor poput izgradnje rudnika, jama i nasipa, javljaju se i neizravni utjecaji na prostor porječja u vidu sječe šuma zbog potreba rudarenja pri čemu dolazi do ogoljavanja većih površina tla na kojima onda dolazi do nastanka destruktivnih padinskih procesa poput spiranja, jaruženja, klizanja te urušavanja padina za što ovaj prostor ima i fizičke predispozicije zbog povećanog nagiba padina. Također veliki problem predstavljalo je taloženje jalovine, otpadnog materijala nastalog preradom ruda (Petrić, 2011). Jalovina je često bujičnim tokovima potoka nošena nizvodno od rudnika te se akumulirala u vodotocima. Erozijsko-sedimentacijski procesi se još više mijenjaju nakon što je na Rudarskoj Gradnoj početkom 19. stoljeća izgrađen niz riječnih stuba (slapišta) koja su usporila eroziju i odnos materijala pri čemu je došlo do intenziviranja procesa akumulacije nasipnog materijala na tom prostoru.

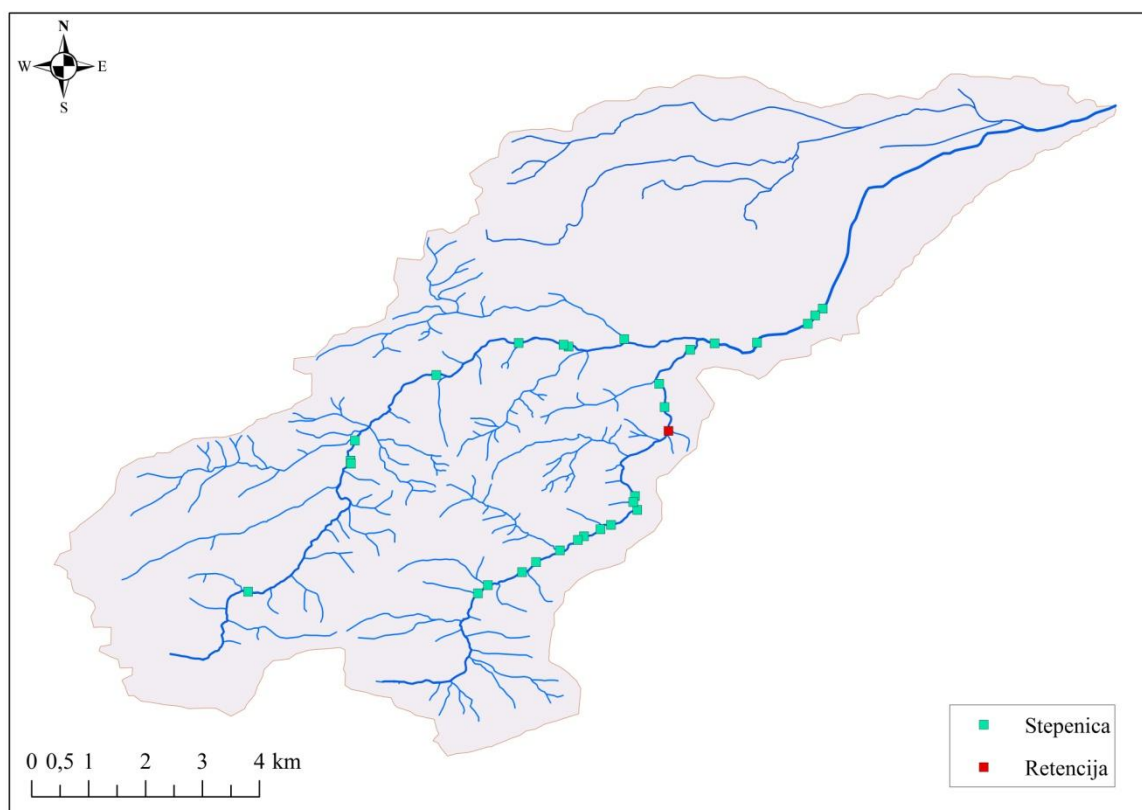
Što se tiče porječja Lipovečke Gradne u njemu prevladavaju brojni kamenolomi koji su također modificirali prostor i prirodne procese u njemu. Najznačajniji je kamenolom Gradna čija površina iznosi 20 ha te se iz njega vade sivi, svijetlosivi i tamni dolomiti. Također u blizini je i kamenolom Lipovec za eksploataciju crnog vapnenca, a

osim aktivnih u dolini Lipovečke Gradne postoji i niz danas napuštenih kamenoloma koji narušavaju izgled krajobraza.

4.2. Građevinski zahvati u porječju Gradne

Lipovečka i Rudarska Gradna bujični su vodotoci. Bujična obilježja očituju se kroz nagli porast protoka u kišnim danima kada dolazi do povećanih erozijskih procesa u koritu i povećanja mogućnosti izlivanja iz korita i plavljenja okolnih područja. Erozivnim djelovanjem vode ugrožavaju se kuće i cjelokupna infrastruktura toga područja. Kako na dijelovima vodotoka dolazi do taloženja nanosa to smanjuje kapacitet korita i onemogućava propusnost u slučajevima veće količine vode. Također zbog konfiguracije terena na prostoru porječja česta je pojava klizišta, koja onda svojim materijalom zapune korito i naprave prirodnu prepreku vodi što dovodi do izlivanja vode iz korita i plavljenja prostora. Kroz povijest česti su slučajevi kada bi se ti vodotoci izlili iz svog korita te poplavili okolna poljoprivredna i naseljena područja (Petrić, 2011). Danas su takve pojave znatno smanjene nizom hidrotehničkih zahvata i regulacija na Lipovečkoj i Rudarskoj Gradni te samoj Gradni. Dio je korita reguliran te obložen prirodnim kamenom, postavljene su stepenice i izgrađene obaloutvrde kako bi se korito dodatno učvrstilo.

Prema podacima ustupljenim od Hrvatskih voda, na cijelom porječju izgrađeno je 29 stepenica u koritu kako bi se usporio protok i dubinska erozija te smanjila mogućnost za naglim dolaskom vodnog vala na područjima nizvodno (sl. 14.). Osim stepenica, izgrađeno je nekoliko taložnica i jedna retencija na Rudarskoj Gradni između naselja Rude i Samobor. Ta retencija je projektirana da zadrži 100-godišnji veliki vodni val, te je njena visina 14,69 m sa retencijskim volumenom 287,500 m³ (Vodoprivreda Zagreb d.d.). Njezina funkcija je zaštita od velikih voda i poplava u donjem toku potoka Gradne posebice na kritičnom dijelu prolaza kroz Samobor.



Sl. 14. Lokacije izgrađenih stepenica i retencije u porječju Gradne

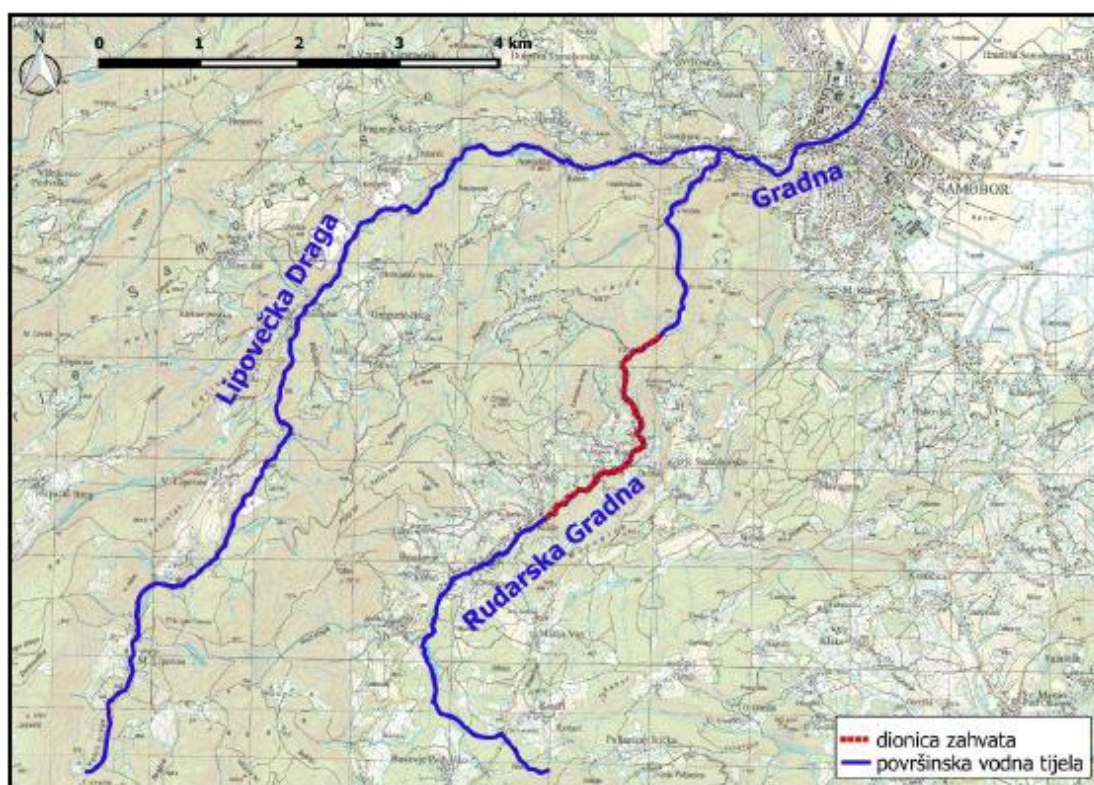
Izvor: prema podacima Hrvatskih voda

U planu je i nova regulacija vodotoka Rudarske Gradne te su u jesen 2018. započeli pripremni radovi (sl. 15.). Zahvat će obuhvatiti cijeli dio toka od Ruda do postojeće retencije nizvodno u duljini od 2665 m (sl. 16.). Planirani radovi obuhvaćaju regulaciju Rudarske Gradne, odnosno učvršćivanje korita kamenom i betonom, izgradnju stepenica sa slapištem, izgradnju taložnice te zatvaranje korita na dvije lokacije betonskim propustom. Predviđena taložnica bit će izgrađena na poljoprivrednom zemljištu te će imati površinu od 2380 m², a volumen bi trebao biti oko 3900 m³ što odgovara procijenjenoj količini vode koju bi korito trebalo prihvatiti za 50-ogodišnji vodni val (Oikon, 2016).

U elaboratu zaštite okoliša vezano uz izgradnju retencije (Oikon, 2016) procjenjuje se da nova regulacija Rudarske Gradne neće imati većih utjecaja na morfologiju korita, budući da je taj prostor već ranije uređen sličnim građevinama. Utjecaj na krajobraz će zasigurno postojati zbog izgradnje nekoliko novih stepenica, dok je dio stepenica planiran za izgradnju na već postojećim stepenicama, a osim njih bit će izgrađene obaloutvrde i potporni pragovi.



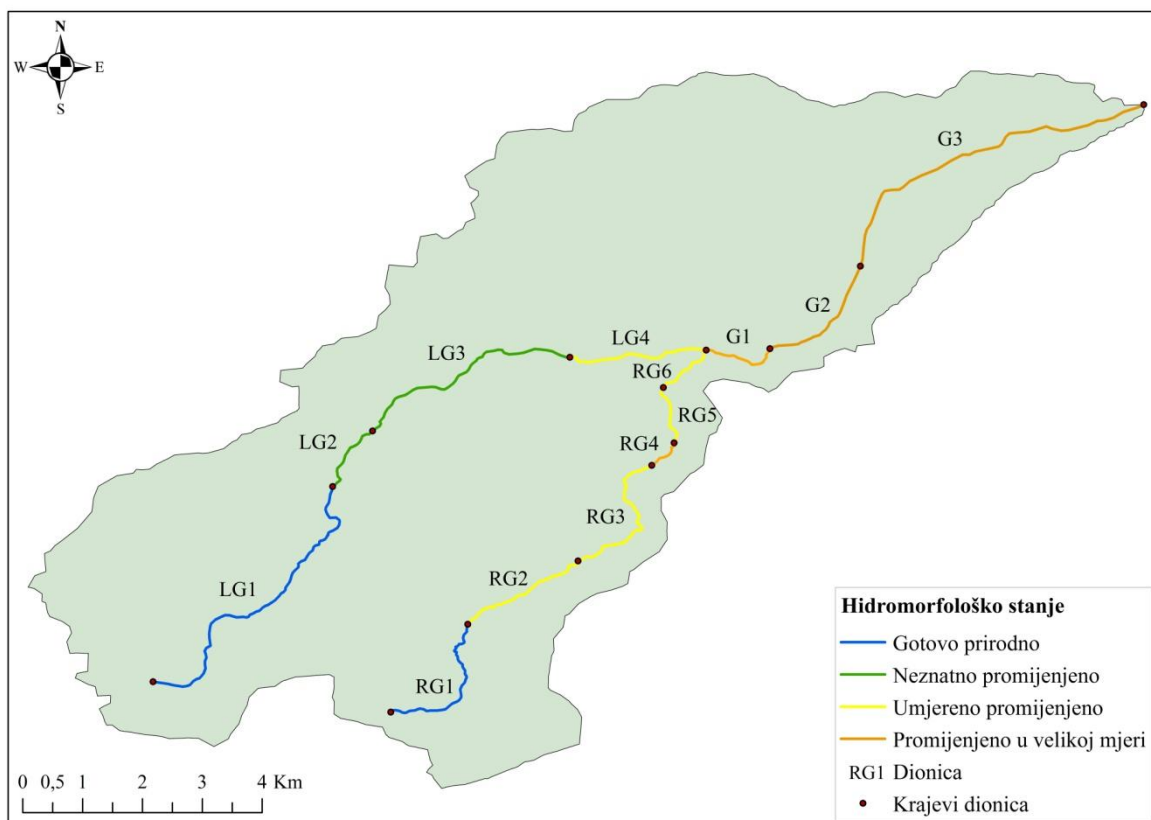
Sl. 15. Početni radovi na regulaciji vodotoka Rudarska Gradna u Rudama
Izvor: www.zgprsten.hr



Sl. 16. Lokacija novih zahvata na Rudarskoj Gradni
Izvor: Oikon, 2016

5. Ocjena hidromorfološkog stanja Gradne

Bodovanje hidromorfoloških elemenata izvršeno je za tok Lipovečke i Rudarske Gradne te ostatak Gradne do ušća. Ukupno je analizirano 27,45 km vodotoka podijeljenih na 13 dionica na čijim je odsječcima odrađeno bodovanje (tab. 5, tab. 6.). Najbolju ocjenu dobili su izvorišni dijelovi koji malim dijelom zahvaćaju naselja te stoga nisu modificirani. Najlošija ocjena dodijeljena je za vodotok Gradnu što je bilo i za očekivati s obzirom da većim dijelom teče betonskim koritom kroz grad (sl. 17.). U ukupnoj duljini najveći udio zauzima kategorija 4 sa udjelom od 30 % koja označava da je vodotok promijenjen u velikoj mjeri. Nešto manje udjele imaju kategorije 3 (umjereno promijenjeno) i 1 (gotovo prirodno), a srednja ocjena za istraživane tokove iznosi 3 i označava umjereno promijenjeno hidromorfološko stanje. Ocjenu stanja gotovo prirodno dobili su izvorišni dijelovi Lipovečke i Rudarske Gradne koji većinom prolaze nenaseljenim ili slabo naseljenim područjem. Kada dođu u kontakt sa naseljima ocjena im se mijenja u neznatno promijenjeno ili umjereno promijenjeno ovisno o veličini naselja i utjecaju na njihova hidromorfološka obilježja.



Sl. 17. Ocjena hidromorfološkog stanja Gradne

Tab. 5. Hidromorfološka ocjena i udio pojedine ocjene u duljini toka

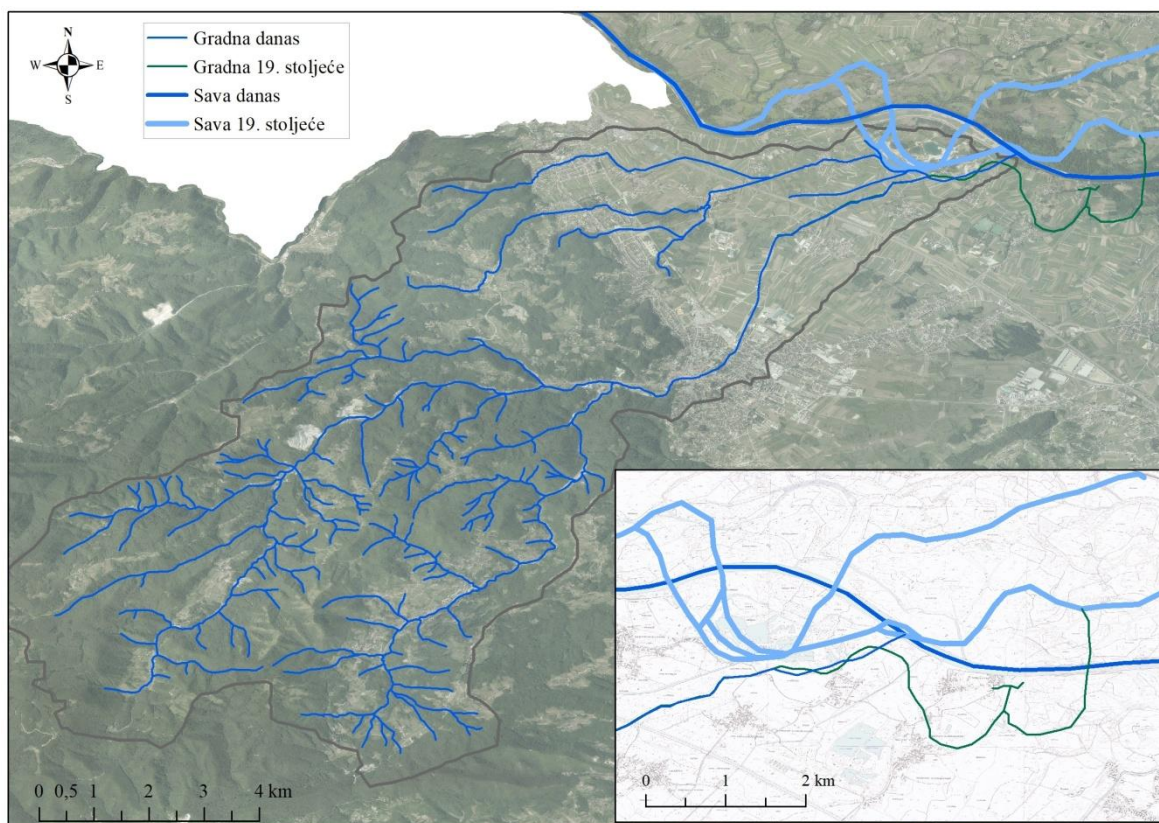
Ocjena stanja	Duljina toka (km)	Udio u ukupnoj duljini (%)
1	7,15	26,05
2	4,29	15,63
3	7,77	28,31
4	8,24	30,02
	27,45	100,00

Hidrološka obilježja bodovana su prema procjeni, budući da nije bilo dostupnih podataka za kvantitativne izračune. Stepence u koritu na većem dijelu toka utječu na prijenos sedimenta te je obilježje 2.1. većinom bodovano sa ocjenom 3. Potpunu prepreku predstavlja pregrada kod jezera na Lipovečkoj Gradni te retencija na Rudarskoj Gradni. Obilježja 2.2 i 2.3 odnose se na promjene u protoku. Protok je prirodan i neizmijenjen u izvorišnim dijelovima, dok je umjereno izmijenjen nakon retencije na Rudarskoj Gradni. Također za pretpostaviti je da je utjecaj retencije na protok vidljiv i na dijelovima toka uzvodno, tako da je ocjena 3 zajednička za cijelu Rudarsku Gradnu osim izvorišnog dijela RG1. Promjene u protoku nisu bodovane s višom ocjenom zbog pretpostavke da veličina postojeće retencije koja se nalazi na Rudarskoj Gradni nema veći utjecaj na minimalne i srednje protoke.

Što se tiče uzdužne povezanosti toka (obilježje 3.1) postojeće izgrađene stepence imaju umjerene učinke na prijenos sedimenta i migraciju životinja tako da je to obilježje najčešće bodovano s 3 za cijelo istraživano područje. Uzdužna povezanost bodovana je sa 5 na mjestima gdje je tok potpuno prekinut, odnosno na mjestu jezera na Lipovečkoj Gradni između dionica LG3 i LG4, te retencije na Rudarskoj Gradni između dionica RG4 i RG5.

Obilježje 4.1.1 u kojem se boduje prirodnost odnosno izmijenjenost tlocrtnog oblika korita ocijenjeno je usporedbom današnje karte istraživanog područja s Topografskom kartom Austrougarske monarhije 1:75 000 (Spezialkarte, 1869. – 1887.). Prema tim podacima tlocrtni oblik korita je znatno izmijenjen većim dijelom na zadnjoj dionici prije ušća Gradne u Savu - G3, gdje je vodotok skraćen i kanaliziran u Savu (sl. 18.). Obilježje 4.1.2 ocjenjuje promjene vidljive u presjeku korita, te je to obilježje umjereno izmijenjeno na većini dionica gdje su bočne strane korita regulirane građevinskim zahvatima barem sa jedne strane korita, najčešće zbog usjecanja korita pod cestu ili neposredne blizine kuća, dok je u naseljima poput Ruda i Samobora presjek korita

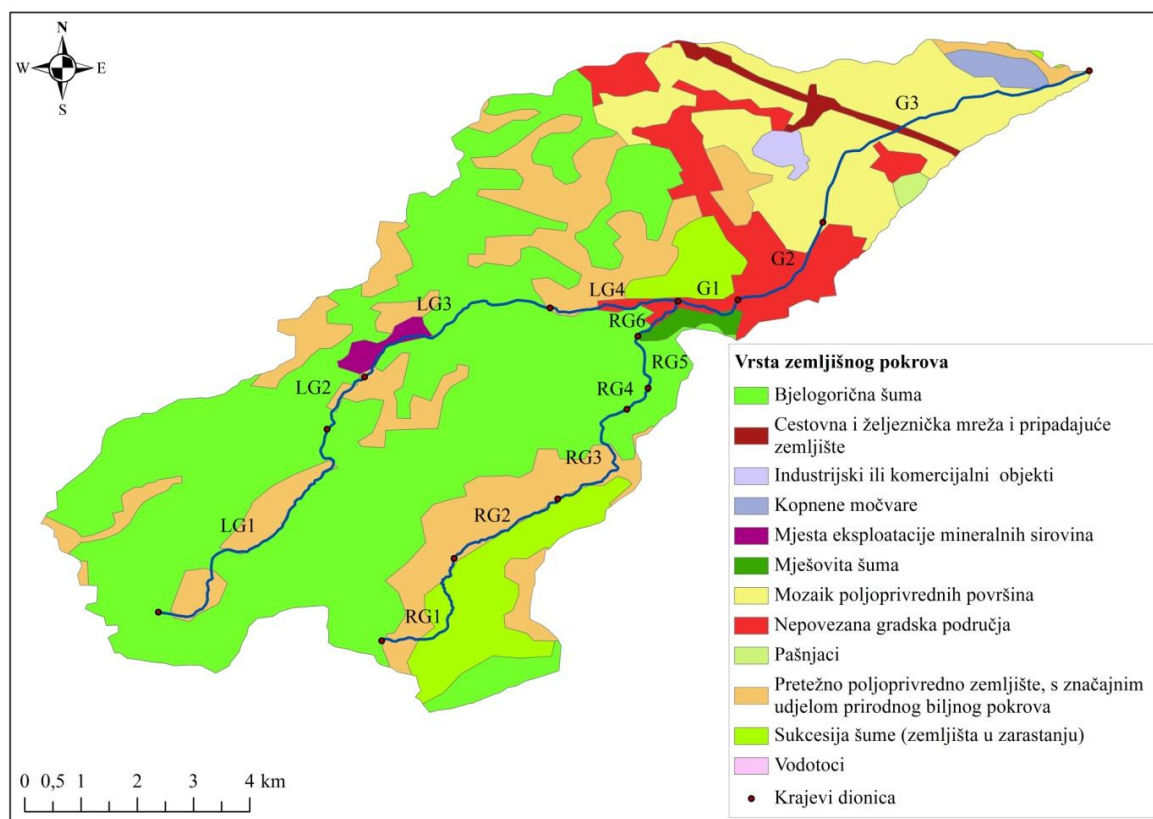
u velikoj mjeri izmijenjen te je obala učvršćena s obje strane umjetnim materijalima, uz izravnano dno korita.



Sl. 18. Tok Gradne u 19. stoljeću i danas

Što se tiče bodovanja obilježja 4.2.1 i 4.2.2 koja se odnose na prirodnost podloge, bodovi su dodijeljeni na temelju dostupnih podataka o obloženosti korita te saznanja iz literature prema kojima je, kao posljedica rudarskih aktivnosti u prošlosti, došlo do taloženja jalovine u koritu koja se dijelom prenijela nizvodno, a dijelom akumulirala u blizinama rudnih kopova.

Za obilježje 4.5.1 u kojem se boduje raspon dionice koji je pod utjecajem umjetnih materijala od kojih je izgrađena obala određen je postotak obale pod utjecajem teških i mekih umjetnih materijala prema tablici priloženoj u vodiču za hidromorfološki monitoring. Obilježje 4.7 koje se odnosi na zemljišni pokrov iza obalnog pojasa bodovano je pomoću Corine Land Covera iz 2012 (HAOP), te je kasnije dodatno potvrđeno na terenu. Najveću površinu na području porječja Gradne zauzimaju bjelogorične šume, a slijede poljoprivredne površine (sl. 19., tab. 7.).



Sl. 19. Zemljišni pokrov i način korištenja zemljišta u porječju Gradne
Izvor: CLC2012

Tab. 7. Zemljišnji pokrov i način korištenja zemljišta u porječju Gradne

Način korištenja zemljišta (Corine Land Cover 2012)	Površina (km ²)	Postotak površine (%)
Bjelogorična šuma	32,8	49,68
Pretežno poljoprivredno zemljište, s značajnim udjelom prirodnog biljnog pokrova	12,8	19,36
Mozaik poljoprivrednih površina	8,8	13,31
Sukcesija šume (zemljišta u zarastanju)	4,7	7,09
Nepovezana gradska područja	4,4	6,73
Cestovna i željeznička mreža i pripadajuće zemljište	0,7	1,03
Kopnene močvare	0,5	0,80
Mjesta eksploatacije mineralnih sirovina	0,4	0,61
Industrijski ili komercijalni objekti	0,4	0,57
Mješovita šuma	0,4	0,56
Pašnjaci	0,2	0,26

Izvor: CLC2012

Tab. 6. Hidromorfološka ocjena Gradne

Ocjena	2.1	2.2	2.3	3.1	4.1.1	4.1.2	4.2.1	4.2.2	4.3.1	4.3.2	4.4	4.5	4.6	4.7.1	4.8.1	4.8.2	Prosječna ocjena	Status
Lipovečka Gradna 1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1	1	2	4	1	2	1,44	Vrlo dobro
Lipovečka Gradna 2	3	1	1	3	3	2	3	3	1	3	3	2	3	4	3	3	2,44	Dobro
Lipovečka Gradna 3	3	1	1	3	3	3	2	3	1	3	3	2	3	3	3	3	2,38	Dobro
Lipovečka Gradna 4	5	1	1	3	3	3	3	3	5	3	5	3	3	4	3	5	3,19	Umjereno
Rudarska Gradna 1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	3	1	1	1,19	Vrlo dobro
Rudarska Gradna 2	3	3	1	3	4	3	3	3	3	3	3	4	4	4	3	4	3,06	Umjereno
Rudarska Gradna 3	5	3	3	3	2	2	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	2,81	Umjereno
Rudarska Gradna 4	5	5	1	3	5	4	5	5	5	3	5	5	3	1	3	5	3,81	Loše
Rudarska Gradna 5	5	3	3	3	1	1	2	3	3	3	3	3	3	1	1	3	2,56	Umjereno
Rudarska Gradna 6	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	3		2,93	Umjereno
Gradna 1	3	3	3	3	1	5	4	3	3	3	3	4	5	5	5	5	3,63	Loše
Gradna 2	3	3	3	3	3	5	5	5	5	5	3	5	5	5	5	5	4,25	Loše
Gradna 3	3	3	3	3	4	4	5	3	5	5	5	4	5	5	5	5	4,19	Loše

Za Lipovečku Gradnu može se reći da je prirodija od ostalih dijelova porječja, budući da većim dijelom prolazi kroz slabije naseljen ili nenaseljen prostor i na njoj je izgrađeno manje stepenica i ostalih građevina koje reguliraju protok. Izvorišni dio (LG1) prolazi pored naselja Mali Lipovec i Veliki Lipovec, no na njoj nisu izgrađene značajnije građevine koje bi usporavale njen tok ili ometale prijenos sedimenta (sl. 20.). Manji dijelovi korita su utvrđeni kako bi se prostor uz korito zaštitio od erozije, a potok se u velikom dijelu može slobodno kretati. Nizvodno, kada vodotok dođe do naselja Smerovišće (LG2) stanje se malo mijenja zbog nekoliko izgrađenih stepenica i betona u koritu, ali nakon Smerovišća (LG3) tok je ponovno relativno prirodan, sa vegetacijom i drvenim ostacima u koritu. Takvo je stanje sve do jezera, prije početka naseljenog dijela, koje čini prirodnu barijeru sedimentu i označava kraj te dionice (sl. 21.). Nakon jezera (LG4) bočne strane korita su utvrđene kako bi se kuće i cesta zaštitili od erozije, izgrađeno je nekoliko stepenica u koritu te je vidljiva prisutnost neprirodnih materijala u koritu poput betona i guma. Zbog kuća s jedne i ceste s druge strane tekućica se ne može slobodno lateralno kretati.



Sl. 20. Prirodni tok na dionici LG1



Sl. 21. Jezero između dionice LG3 i LG4

Rudarska Gradna lošije je ocijenjena budući da je u njenom koritu izgrađen niz stepenica te jedna veća retencija što negativno utječe na ukupnu hidromorfološku ocjenu vodotoka. U izvorišnom dijelu do prvih kuća (RG1) tok je u potpunosti prirodan te prolazi kroz područje prirodne vegetacije bez antropogenih utjecaja. Dolaskom do naseljenog prostora započinje druga dionica koju karakterizira povremeno prisustvo betona u koritu. U

Rudama (RG2) je tok utvrđen umjetnim materijalima koji onemogućuju prirodno lateralno kretanje vodotoka te omogućuju brže otjecanje vode nizvodno. Vegetacija na obalama je dijelom neprirodna te se zemljišni pokrov iza obalnog pojasa sastoji od naseljenog područja i obradivih površina. Presjek korita u samom naselju znatno je izmijenjen budući da je korito regulirano s obje strane. Nizvodno od Ruda (RG3) slijedi nešto prirodniji dio sa manjim brojem stambenih objekata te je zemljišni pokrov u većoj mjeri bjelogorična šuma. No, na toj dionici izgrađen je niz stepenica koje pogoršavaju ocjenu uzdužne povezanosti i prijenos materijala u koritu. Zbog svega toga ta dionica ocijenjena je sa 3 što označava umjereno izmijenjeno stanje. Između Ruda i Samobora izgrađena je retencija za slučaj visokih voda kako bi se od vodnog vala zaštitilo stanovništvo Samobora, te ta retencija utječe na lošiju ocjenu nizvodnih dionica vezano za hidrološke parametre (sl. 22.). Dio toka prije retencije (RG4) znatno je izmijenjen sa utvrđenim obalama od kamena zbog čega između ostalih loše bodovanih parametara ta dionica ima sveukupnu ocjenu 4. Kratka dionica između retencije i nekadašnje tvornice stakla „Kristal“ (RG5) je unatoč relativno prirodnim značajkama u konačnici zbrojem bodova ocijenjena sa ukupnom ocjenom 3, budući da se nalazi iza retencije koja utječe na lošije hidrološke parametre toka te uzdužnu povezanost. Uz to na toj dionici izgrađena je i manja taložnica te je jedan dio toka uz cestu utvrđen zidom (sl. 23.).



Sl. 22. Dionica RG4 prije retencije



Sl. 23. Dionica RG5 nakon retencije i taložnica

Zadnja dionica na Rudarskoj Gradni (RG6) ocijenjena je ponovno ocjenom 3. Taj dio prolazi naseljem te se na dijelu toka nalaze obaloutvrde, korito je obloženo, a znakovi taloženja i erozije smanjeni te je uzdužna povezanost toka ponovno prekinuta zbog nekoliko stepenica.

Sve tri dionice na Gradni ocijenjene su ocjenom 4, s tim da je najviše izmijenjeno stanje na području Samobora, gdje je Gradna u potpunosti ograđena zidovima te ispresijecana nižim stepenicama što sve utječe na prijenos sedimenta te migraciju flore i faune. Zemljišni pokrov na obalama i okolnom zemljištu je u potpunosti izmijenjen, jer nema prirodnih površina već tok prolazi izgrađenim naseljem. Elementi taloženja su manjim dijelom prisutni u koritu, a vegetacija se aktivno uklanja te je na većem dijelu toka dno korita izmijenjeno (sl. 24., sl. 25.). Gradna nakon Samobora ne teče kroz naselje nego kroz obradive površine, dijelom je kanalizirana, tok je utvrđen te je presjek korita izmijenjen. Na toku je također izgrađen niz manjih stepenica, no one nemaju značajniji učinak na prijenos sedimenta i migraciju biote. Lateralno kretanje korita onemogućeno je zbog utvrđenih strana korita. Tlocrt korita u potpunosti je izmijenjen, posebice u najnižvodnijem dijelu, gdje je korito prije meandriralo i prolazilo pored meandara Save. Danas je korito skraćeno i usmjereno najkraćim putem u Savu.



Sl. 24. Dionica G2 u Samoboru



Sl. 25. Dionica G2 u Samoboru

6. Rasprava

Rezultati hidromorfološkog ocjenjivanja pokazali su da istraživani vodotoci imaju umjereno izmijenjeno hidromorfološko stanje što je i bila pretpostavka prije istraživanja. Hidromorfološko stanje pogoršava se spuštanjem u Samoborsku zavalu gdje tok teče utvrđenim koritom kroz grad te dijelom kanaliziranim koritom do ušća. Jedan od glavnih razloga ovakvog hidromorfološkog stanja vodotoka je njegov bujični karakter zbog kojeg dolazi do poplava, pa je bilo potrebno izvršiti određene hidrotehničke zahvate u koritu kako bi se smanjila opasnost od poplava naseljenog područja. Hidromorfološko stanje najmanje odstupa od prirodnog za vodotok Lipovečku Gradnu čija je prosječna ocjena za ukupno 4 odsječka 2,2. Slijedi Rudarska Gradna koja je prosječno ocijenjena ocjenom 2,7 prema 6 bodovanih odsječaka. Hidromorfološko stanje u velikoj je mjeri izmijenjeno na vodotoku Gradne te je prosječna ocjena sva 3 odsječka 4,1. Stepenice u koritu i retencija utječu na lošije ocjene uzdužne povezanosti na gotovo cijelom istraživanom području. Cijeli vodotok u većoj mjeri prati cesta tako da je jedna obala gotovo prirodna i neznatno promijenjena, a druga većim dijelom modificirana zbog čestih obaloutvrda, što u konačnici znači ocjenu 3, odnosno umjereno izmijenjeno stanje pojedinih obilježja.

Prema izvratku iz Registra vodnih tijela ustupljenom od Hrvatskih voda i Planu upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021. (Hrvatske vode, 2015) hidromorfološki elementi vodnog tijela Gradna ocijenjeni su kao dobri u sve tri kategorije (hidrologija, uzdužna povezanost i morfologija) te je procijenjeno da će hidromorfološko stanje biti dobro ocijenjeno i u 2021. godini i nakon nje, čime bi Gradna postizala ciljeve Okvirne direktive o vodama (tab. 7.). Stanje toka Gradne prije ušća koji je dijelom kanaliziran označeno je kao umjereno izmijenjeno te će takvo i ostati nakon 2021. godine pri čemu taj dio toka ne ispunjava ciljeve ODV-a. Ukupno ekološko stanje u kojem su kombinirani biološki elementi kakvoće, fizičko kemijski pokazatelji, specifične onečišćujuće tvari i hidromorfološki elementi opisano je kao umjereno izmijenjeno za cijeli vodotok.

Tab. 8. Stanje vodnog tijela Gradna prema registru vodnih tijela Hrvatskih voda

STANJE VODNOG TIJELA CSRN0207_002				
PARAMETAR	ANALIZA OPTEREĆENJA I UTJECAJA			
	STANJE	2021.	NAKON 2021.	POSTIZANJE CILJEVA OKOLIŠA
Ekološko stanje	loše	dobro	dobro	postiže ciljeve
Biološki elementi kakvoće	loše	nema ocjene	nema ocjene	nema procjene
Fizikalno kemijski pokazatelji	umjereno	dobro	dobro	postiže ciljeve
Specifične onečišćujuće tvari	vrlo dobro	vrlo dobro	vrlo dobro	postiže ciljeve
Hidromorfološki elementi	dobro	dobro	dobro	postiže ciljeve

Izvor: Hrvatske vode, izvadak iz Registra vodnih tijela, 2018

Treba napomenuti da su hidromorfološki elementi ocijenjeni isključivo na temelju analize hidromorfološkog opterećenja i utjecaja, jer u promatranom razdoblju nije bio uspostavljen sustavni hidromorfološki monitoring. Prema Planu upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021. utjecaj fizičkih zahvata ocijenjen je pomoću numeričkoga modela koji na temelju zabilježenih hidromorfoloških opterećenja (postojećih vodnih građevina i drugih zahvata) i pretpostavljenog utjecaja pojedinog opterećenja na svaki hidromorfološki pokazatelj, izračunava kumulativnu promjenu hidromorfoloških pokazatelja na razini vodnih tijela. Veličina promjene hidromorfološkog pokazatelja na razini vodnoga tijela jednaka je srednjoj vrijednosti promjena svih dionica tog vodnog tijela, pri čemu je težinski faktor dužina dionica.

Zbog navedenih razloga treba dati prednost rezultatima ovog istraživanja čija je ocjena, prema kvalitativnom i kvantitativnom bodovanju po unaprijed određenim parametrima i pravilima, pokazala da je hidromorfološko stanje Gradne umjereno izmijenjeno te ne ispunjava ciljeve zadane Okvirnom direktivom o vodama. Također, pretpostavka je da se stanje neće poboljšati do 2021. godine, već će se pogoršati ili ostati isto, posebice zbog novih hidrotehničkih radova na dijelu toka Rudarske Gradne koji uključuju izgradnju taložnice, novih stepenica, obaloutvrda i betonskih propusta.

7. Zaključak

Porječje Gradne smješteno je na zapadnom dijelu Zagrebačke županije te ga karakterizira reljefno i geološki dinamičan prostor. Obuhvaća različite reljefne cjeline od gorskog i prigorskog prostora do zavalskog i nizinskog dijela, a u geološkom sastavu prevladavaju vapnenci i dolomiti mezozojske starosti uz fluvijalne šljunke i pijeske u nizinskom dijelu porječja. Njegova površina iznosi 66 km², a duljina Gradne s najdužim izvorišnim pritokom Lipovečkom Gradnom 18,6 km. Maksimumi i minimumi protoka odgovaraju peripanonskom kišno – snježnom protočnom režimu.

Ocjena hidromorfološkog stanja prikazuje antropogeni utjecaj na vodotok (npr. građevinski zahvati) te je bitna za daljnje istraživanje bioloških i fizikalno-kemijskih elemenata uključenih u ODV. Omogućuje cjelokupnu ocjenu ekološkog stanja vodotoka te pomaže u pravilnom upravljanju vodnim tijelom i njegovoj zaštiti. Analiza hidromorfološkog stanja za vodotok Gradnu, uključujući najveće pritoke Lipovečku i Rudarsku Gradnu, pokazala je umjereno izmijenjeno hidromorfološko stanje za cijeli vodotok koji iz tog razloga ne zadovoljava ciljeve Okvirne direktive o vodama gdje se zahtjeva postizanje dobrog ekološkog stanja vodotoka. Na takvu ocjenu utječu brojne regulacije korita koje su tijekom godina napravljene kako bi se smanjila bujičnost vodotoka i zaštitili stambeni objekti i ceste koji se, zbog relativno uskih dolina, nalaze uz sam vodotok. Pretpostavka je da se hidromorfološko stanje u narednim godinama neće promijeniti na bolje, već je moguće i pogoršanje stanja budući da su planirani novi hidrotehnički radovi u porječju kojima bi se vodotoci dodatno regulirali i ekološki degradirali.

Literatura

Bognar, A., 2001: Geomorfološka regionalizacija Hrvatske, *Acta Geographica Croatica*, 34, 7 – 29.

Čanjevac, I., 2013: Tipologija protočnih režima rijeka u Hrvatskoj, *Hrvatski geografski glasnik*, 75(1), 23 – 42.

Dujmović, I., 1986: Geomorfološke osobine doline potoka Rudarske Gradne, Diplomski rad, Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.

Dujmović, I., 1987: Dolina rudarske Gradne i njena društveno-gospodarska valorizacija, *Geografski horizont*, 33.

Dujmović, I., Bognar, A., 1995: Temeljne strukturnogeomorfološke značajke sjeveroistočnog dijela masiva Žumberačke gore (Samoborske gorje), *Hrvatski geografski glasnik*, 57, 21 – 35.

Dujmović, I., 2007: Fizičkogeografske značajke Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja, Meridijani, Samobor.

Dujmović, I., Bognar, A., Pahernik, M., 2007: Geomorfološka karta Samoborskog gorja i Plješivičkog prigorja 1:50000, Geografski odsjek, PMF, Zagreb

Feletar, D. (ur.), 2011: Samobor, zemljopisno-povijesna monografija, Meridijani, Samobor

Lozić, S., 1995: Vertikalna raščlanjenost reljefa kopnenog dijela Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 30, 17 - 28.

Lozić, S., 1996: Nagibi padina kopnenog dijela Republike Hrvatske, *Acta Geographica Croatica* 31, 41 - 50.

Meander, 2013: Vodič za hidromorfološki monitoring i ocjenu stanja rijeka u Hrvatskoj, prijedlog, Hrvatske vode, <http://www.voda.hr/sites/default/files/projekti/2014/meander.pdf> (24.03.2018.)

Metodologija, 2015: Metodologija monitoringa i hidromorfoloških pokazatelja, Hrvatske vode, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/metodologija_monitoringa_i_ocjenjivanja_hidromorfoloskih_pokazatelja_1.pdf (24.03.2018.)

ODV, 2000: Okvirna direktiva o vodama Europske unije

Osrečki, B., 1987: Geomorfološke osobine doline Lipovečke Gradne, Diplomski rad, Geografski odsjek PMF-a, Zagreb.

Petrić, H., 2011: Samobor i okolica u ranome novome vijeku, u: *Samobor, zemljopisno-povijesna monografija*, (ur. Feletar, D.), Meridijani, Samobor, 237 - 321

Plantak, M., Čanjevac, I., Vidaković, I., 2016: Morfološko stanje tekućica u porječju Ilove, *Hrvatski geografski glasnik*, 78(1), 5 – 24.

Riđanović, J., 1993: Hidrogeografija, II. izmijenjeno i dopunjeno izdanje, Školska knjiga, Zagreb

Šikić, K., Basch, O., Šimunić, A., 1982: Osnovna geološka karta 1 : 100 000, tumač za list Zagreb L 33 - 80, Institut za geološka istraživanja Zagreb, Savezni geološki zavod, Beograd.

Zaninović, K. (ur.), 2008: Klimatski atlas Hrvatske 1961. - 1990., 1971. – 2000., Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb.

http://klima.hr/razno/publikacije/klimatski_atlas_hrvatske.pdf (20.11.2018.)

Izvori

1. DGU, Državna geodetska uprava, Topografska karta 1:25 000, WMS <http://www.geoportal.dgu.hr/wms> (28.09.2018.)
2. DGU, Državna geodetska uprava, Digitalna ortofoto karta 1:5 000, WMS <http://geoportal.dgu.hr/wms?layers=DOF> (28.09.2018.)
3. DHMZ, Državni hidrometeorološki zavod, *zahtjev za podacima* (28.07.2018.)
4. Europska komisija, Ured za publikacije, 2018: Okvirna direktiva o vodama, <https://publications.europa.eu/hr/publication-detail/-/publication/ff6b28fe-b407-4164-8106-366d2bc02343/language-hr/format-PDF> (10.12.2018.)
5. HAOP, Hrvatska agencija za okoliš i poljoprivredu, <http://www.haop.hr/hr> (23.11.2018.)
6. Hrvatske vode, 2015: Plan upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021., nacrt, http://www.voda.hr/sites/default/files/dokumenti/nacrt_plana_upravljanja_vodnim_podrucjima.pdf (15.12.2018.)
7. Hrvatske vode, Izvadak iz Registra vodnih tijela, Plan upravljanja vodnim područjima 2016. – 2021., *zahtjev za podacima* (26.11.2018.)
8. Topografska karta Austrougarske monarhije 1:75 000 (Spezialkarte, 1869. – 1887.), Mapire, Historical maps of Habsburg Empire, <https://mapire.eu/> (23.11.2018.)
9. Rudnik Sv. Barbare, <http://www.rudnik.hr/hr> (10.12.2018.)
10. Oikon d.o.o, Institut za primjenjenu ekologiju, 2016: Uređenje vodotoka Rudarska Gradna, rkm 2+380 – 5+060, Elaborat zaštite okoliša, https://www.zagrebacka-zupanija.hr/media/filer_public/12/51/1251eed3-0d0a-4891-b648-a7984dbed40c/elaborat_zastite_okolisa_-_rudarska_gradna.pdf (15.12.2018.)
11. Vodoprivreda Zagreb d.d., http://www.vzg.hr/pr_rude.htm (12.11.2018.)
12. USGS, *United States Geological Survey*, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (28.09.2018.)
13. Zgprsten, <http://www.zgprsten.hr/grad/samobor-radovi-na-regulaciji-vodotoka-rudarska-gradna/> (22.12.2018.)

Popis grafičkih priloga

Sl. 1. Geografski smještaj porječja Gradne	3
Sl. 2. Geološka građa porječja Gradne	12
Sl. 3. Hipsometrijska obilježja porječja Gradne	14
Sl. 4. Nagib padina u porječju Gradne	15
Sl. 5. Vertikalna raščlanjenost reljefa u porječju Gradne	17
Sl. 6. Geomorfološka regionalizacija porječja Gradne.....	18
Sl. 7. Mreža tekućica u porječju Gradne	20
Sl. 8. Klasifikacija tekućica prema Strahleru u porječju Gradne.....	21
Sl. 9. Klimadijagram postaje Samobor za razdoblje 1981. – 2017.	23
Sl. 10. Godišnji hod padalina za postaje Samobor, Lipovec i Rude za razdoblje 1991. – 2013.	24
Sl. 11. Srednji mjesečni protoci na postaji Samobor za razdoblje 1981. – 2016.	25
Sl. 12. Srednji mjesečni protoci na postajama Samobor, Hamor i Rudarska Draga Staklana za razdoblje 1991. – 2013.	25
Sl. 13. Protočni režim i režim padalina za postaju Samobor razdoblje 1981. – 2016.	26
Sl. 14. Lokacije stepenica i retencije u porječju Gradne	29
Sl. 15. Početni radovi na uređenju vodotoka Rudarska Gradna u Rudama.....	30
Sl. 16. Lokacija novih zahvata na Rudarskoj Gradni	30
Sl. 17. Ocjena hidromorfološkog stanja Gradne	31
Sl. 18. Tok Gradne u 19. stoljeću i danas	33
Sl. 19. Zemljišni porkov i način korištenja zemljišta u porječju Gradne	34
Sl. 20. Prirodni tok na dionici LG1	36
Sl. 21. Jezero između dionice LG3 i LG4	36
Sl. 22. Dionica RG4 prije retencije	37
Sl. 23. Dionica RG5 nakon retencije i taložnica	37
Sl. 24. Dionica G2 u Samoboru.....	38
Sl. 25. Dionica G2 u Samoboru	38

Popis tablica

Tab. 1. Hidromorfološki elementi i njihovo bodovanje	9
Tab. 2. Klasifikacija hidromorfološke promjene i opis kategorija	10
Tab. 3. Nagib padina i udio pojedine kategorije u ukupnoj površini	15
Tab. 4. Vertikalna raščlanjenost reljefa i udio kategorija u ukupnoj površini.....	16
Tab. 5. Hidromorfološka ocjena i udio ocjene u duljini toka.....	32
Tab. 6. Zemljišnji pokrov i način korištenja zemljišta u porječju Gradne	34
Tab. 7. Hidromorfološka ocjena Gradne	35
Tab. 8. Stanje vodnog tijela Gradna prema registru vodnih tijela Hrvatskih voda	40